

## 고농도 암모니아성 폐수의 질산화과정에서 아질산염 축적의 영향인자

한동준 · 강성환\* · 임재명\*\*

강원전문대학 환경위생과 · 강원대학교 토목공학과 \* · 강원대학교 환경 · 생물공학부\*\*

## Factors Influencing Nitrite Build-up in Nitrification of High Strength Ammonia Wastewater

Dong-Joon Han · Sung-Whan Kang\* · Jay-Myoung Rim\*\*

*Dept. of Env. Sanitation, Kangwon Province University*

*Dept. of Civil Engineering, Kangwon National University\**

*Division of Env. and Bio. Engineering, Kangwon National University\*\**

### Abstract

This study was focused to find how each factors effect on the biological nitrification in wastewater treatment under high ammonia nitrogen concentration. Batch reactors in aerobic conditions were used to test the treatment efficiency of mixed liquor, nightsoil and piggery wastewater. The results are summeried as follows; Initial ammonia nitrogen concentration and pH were the direct influencing factors of nitrite build-up. More than 250 mg  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$  in initial concentration built up nitrite and then the inhibition rate to *Nitrobacter* was above 70 percentage. And maximum nitrification rate was showed at pH 8.3 and nitrification could be completely achieved by pH control. Temperature and dissolved oxygen were the indirect influencing factors of nitrite build-up. These were a great effect on the activity of nitrifying microbes and ammonia nitrogen removal. Maximum nitrification rate was showed at 30 °C. The effect of DO concentration was negligible at more than 3 mg/L.

### I. 서 론

생물학적 질소제거에 있어 질산화는 반드시 선행되어야 할 단위 공정이지만 질산화에 관여하는 주요 미생물인 *Nitrosomonas*와 *Nitrobacter*는 기질의 농도, 온도, pH 그리고 용존산소 농도 등의 환경인자에 매우 민감한 반응을 보이게 된다. 특히 분뇨나 축산폐수와 같은 고농도의 암모니아성 질소를 함유한 폐수의 질산화 공정에서는 도시하

수와 같은 비교적 저농도 폐수와는 달리 암모니아성 질소의 영향을 많이 받게 되며, 그 결과 아질산성 질소의 축적(nitrite build-up)으로 완전한 질산화의 저해현상을 유발하게 된다.

질산화 저해를 일으키는 주요요인은 질산화 반응조내에 이온화하지 않은 암모니아(free ammonia; 이하 FA)와 아질산(free nitrous acid; FNA)으로 예상되며, 이들의 형태는 농도, 온도, pH 등에 의존하는 것으로 판단된다. 질산화 저해는 대

부분이 *Nitrobacter*의 활동을 저해함으로써 아질산성 질소가 질산성 질소로 산화되지 못하는 아질산화(nitritation) 단계에 머물게 됨에 따라 아질산성 질소가 반응조내에 축적이 되어 pH 저하, 인산염 용출 등의 폐수처리에 있어 많은 문제를 초래하기도 한다. 그러므로 질산화 공정에서 nitrite build-up을 방지하기 위한 여러 조치가 필수적인 과정으로 등장하게 되었고 이에 따라 그 동안 많은 학자들의 연구가 보고된 바 있다<sup>1-4)</sup>. 우리 나라에서도 최근에 축산폐수, 산업폐수 등을 대상으로 일부 영향인자에 대한 연구<sup>5)</sup>가 진행된 바 있고, 질소제거의 효율성을 제고하기 위하여 향후 보다 많은 연구가 수행되어야 할 필요성이 강하게 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 생물학적 질산화 공정에서 암모니아성 질소의 농도, pH, 온도, 용존산소 농도 등의 변화에 따른 아질산성 질소의 축적경향을 고찰함으로써 분뇨, 축산폐수, 침출수 등의 고농도 암모니아성 질소를 함유한 폐수에 대하여 생물학적 질소제거의 효율성과 경제성을 제고시키는데 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 폐수의 특성

본 실험에서는 돈사폐수와 분뇨의 혼합폐수를 시료로 사용하였으며, 돈사폐수, 분뇨, 그리고 혼합폐수 성상은 Table 1.에 제시하였다. 돈사폐수

는 춘천시 신동읍 팔미리 소재의 약 1,000두 규모의 시멘트형 돈사에서 돈분제거 후 대부분 뇨와 청소수로 이루어진 폐수로서 콘크리트 집수조에서 채취하였고, 분뇨는 춘천시 분뇨처리장으로 투입되는 수거차에서 채취한 것으로, 시료는 실험실에서 다시 No. 4 체를 이용하여 굵은 입자를 걸러낸 후 4℃ 이하의 냉장고에 보관 후 사용하였다. 실험대상으로 사용한 혼합폐수는 분뇨와 돈사폐수를 부피비 1:5로 혼합한 것으로 실험조건에 따라 매번 혼합하여 사용하였다.

### 2. 실험장치

실험장치로는 호기성 회분식 반응조가 이용되었으며, Fig. 1.은 반응조의 모식도를 나타낸 것으로서 장치구조는 크게 반응조와 산기관으로 구성되었으며, 반응조는 5 mm 두께의 투명한 아크릴로 직경 15cm, 높이 35.8cm의 원기둥부분과 높이 9cm의 원추형 하부로 구성되어 있다. 공기와 폐수의 완전한 혼합이 이루어지도록 산기관은 반응조 하부에 설치하였으며, 유효 용적은 총 5.3L이다.

### 3. 실험방법

초기 반응조의 미생물은 춘천시 하수처리장의 반송슬러지를 사용하였으며, 순용기간은 약 15일 이상으로 하였으며, 충분한 질산화 반응이 확인된 후 실험에 임했으며, 다음 각 조건별 실험이 완료된 후 단계 실험을 위해 약 15일 이상의 적응기간

Table 1. Characteristics of piggery wastewater, nightsoil and combined wastewater

(unit : mg/L)

| Items                              | Nightsoil     |         | Piggery Wastewater |         | Combined Wastewater |         |
|------------------------------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------------------|---------|
|                                    | Range         | Average | Range              | Average | Range               | Average |
| pH                                 | 7.4~8.1       | 7.7     | 6.9~9.0            | 8.0     | 7.5~8.4             | 8.0     |
| Soluble-COD                        | 9,570~21,266  | 14,200  | 930~5,800          | 3,100   | 2,008~6,034         | 4,020   |
| Total-COD                          | 10,700~29,800 | 18,600  | 1,484~6,200        | 3,780   | 4,000~7,650         | 5,830   |
| Total-TKN                          | 2,188~4,429   | 3,630   | 274~1,610          | 850     | 965~1,490           | 1,223   |
| Total Ammonia Nitrogen             | 2,048~4,008   | 2,940   | 146~1,459          | 690     | 439~1,020           | 730     |
| Alkalinity (as CaCO <sub>3</sub> ) | 9,800~11,400  | 10,600  | 2,080~4,130        | 3,100   | 3,338~4,925         | 4,130   |

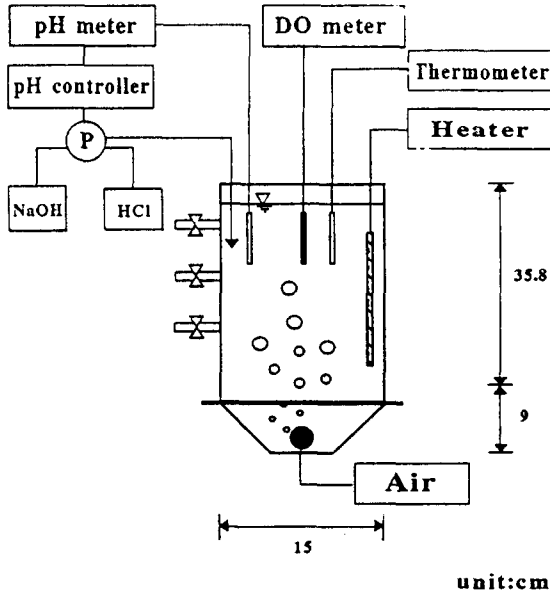


Fig. 1. Schematic diagram of aerobic reactor for batch experiment.

Table 2. The parameters and conditions for nitrification experiment

| Parameters                 | Initial NH <sub>4</sub> -N (mg/L) | pH  | Temp. (°C) | DO (mg/L) |
|----------------------------|-----------------------------------|-----|------------|-----------|
| Initial NH <sub>4</sub> -N | 140                               | 8.3 | 23         | 3~4       |
|                            | 250                               |     |            |           |
|                            | 330                               |     |            |           |
|                            | 450                               |     |            |           |
| pH                         | 300                               | 7.0 | 23         | 3~4       |
|                            | 322                               | 8.3 |            |           |
|                            | 304                               | 8.8 |            |           |
| Temp.                      | 466                               | 8.4 | 10         | 3~4       |
|                            | 452                               |     | 20         |           |
|                            | 421                               |     | 30         |           |
|                            | 412                               |     | 40         |           |
| DO                         | 374                               | 8.2 | 25         | 2         |
|                            | 403                               |     |            | 3         |
|                            | 380                               |     |            | 4         |
|                            | 397                               |     |            | 5         |

을 두었다.

각 영향인자별 실험조건은 Table 2.에 제시하였

다. pH의 제어는 폐수용 pH 전극을 반응조에 장착하였고, 자동 pH 제어장치(Chemcadet, Cole-Parmer Ins. Co.)에서 희석된 NaOH와 HCl이 펌프에 의해 미량으로 자동 주입되어 pH 8.8, 8.3 및 7.0으로 각각 연속 조절하였다. 온도의 변화는 10, 20, 30, 그리고 40°C에서 수행 되었는데, 10°C의 온도 조건은 incubator에서 이루어졌고, 20°C 조건은 항온실에서 수행하였으며, 30°C 및 40°C는 외부 가온장치를 이용하여 온도 조절을 하였다. DO농도는 각각 2, 3, 4, 그리고 5 mg/L로 조절하였으며, DO전극을 반응조에 장착하여 공기량 조절로 농도를 일정하게 유지하도록 하였다. 1.0 mg/L 이하의 낮은 DO는 반응조의 완전혼합 조건을 만족시키지 못하여 조건에서 제외되었다.

#### 4. 분석방법

시료의 분석은 시료 채취 즉시 Standard Methods<sup>6)</sup>에 의거하여 분석하였으며, 용존성 성분의 분석은 시료를 0.45 μm GF/C(Whatman)여과지로 여과한 후 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 총 암모니아성 질소의 농도 변화

Fig. 2는 초기 총 암모니아성 질소의 용적부하 별 반응시간 경과에 따라 질산화 경향을 고찰하기 위하여 NH<sub>4</sub>-N의 제거량과 NO<sub>x</sub>-N의 생성량을 나타낸 것이다. 초기 농도가 140mg/L 조건인 Fig. 2의 (a)에서는 완전한 질산화가 진행되는 것으로 나타난 반면, 250mg/L 이상의 조건들에서는 (b)에서 (d)에 제시된 바와 같이 NO<sub>2</sub>-N의 생성농도가 NO<sub>3</sub>-N의 농도보다 높게 나타나는 nitrite build-up 현상을 보였다. 이러한 경향은 초기 농도가 높을수록 뚜렷히 나타났으나, NO<sub>2</sub>-N의 축적이 시작되는 반응시간과 생성속도는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이렇게 nitrite build-up이 일어나는 현상은 반응조 내에 FA의 농도가 높아 질산화 미생물인 *Nitrobacter*에 저해를 일으키기 때문인 것으로 판단된다. Anthonisen 등<sup>1)</sup>에 의하면 FA

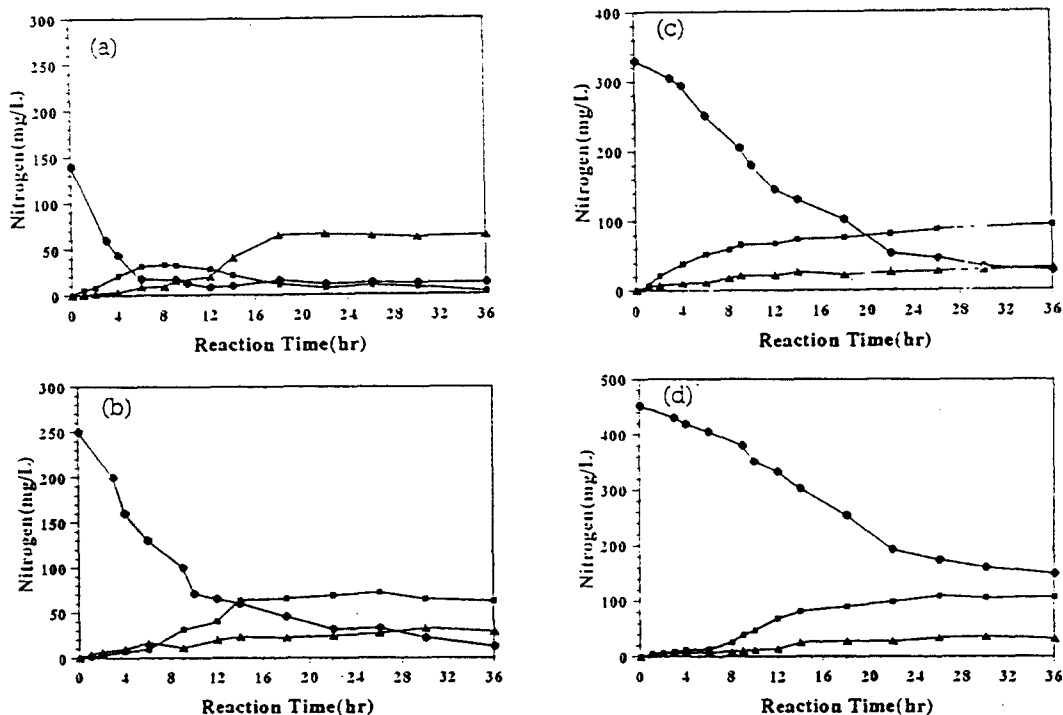


Fig. 2. Variations in different forms of nitrogen with initial ammonia nitrogen concentration: (a) 140mg/L, (b) 250mg/L, (c) 330mg/L, (d) 450mg/L. Symbols : ●, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N; ■, NO<sub>2</sub><sup>+</sup>-N; ▲, NO<sub>3</sub><sup>+</sup>-N.

농도가 0.1 mg/L 초과할 경우 *Nitrobacter*에 저해를 미치는 것으로 알려져 있으며, Alleman 등<sup>7)</sup>은 SBR 실험결과 FA0.6 mg/L에서 nitrite build-up이 95%이상으로 나타났음을 발표한 바 있고, Balmelle 등<sup>8)</sup>은 FA3.0 mg/L 이상의 농도에서는 *Nitrobacter*의 활동이 거의 100%에 가깝게 저해를 받게됨을 보고한 바 있다. 그러나 이와는 반대로 SBR 운전결과 FA농도가 15.5 mg/L에서도 아질산염의 축적이 일시적으로만 나타났다는 보고가 있으며<sup>9)</sup>, 반응조 내의 미생물이 잘 순용된 경우에는 FA농도가 40 mg/L에서도 질산화 저해를 일으키지 않은 것으로 보고된 경우도 있다<sup>10)</sup>.

본 실험에서는 초기 암모니아성 질소 농도 140 mg/L 조건인 Fig. 2의 (a)에서 유입된 폐수의 초기 FA농도가 15.2 mg/L 임에도 완전한 질산화가 진행된 것으로 볼 때 반응조내 미생물의 순용

정도가 비교적 양호한 것으로 사료된다. 그리고 농도가 가장 높은 450 mg/L 조건에서는 아질산염의 축적이 초기농도 330 mg/L 조건에 비해 느리게 나타났는데, 이는 초기 유입부하가 높아 암모니아성 질소의 생물학적 전환인 질산화 반응이 빨리 진행되지 않은 것으로 판단되며, 반응시간이 8시간 정도 진행된 이후부터는 급격한 nitrite build-up을 보여주고 있다.

Fig. 3은 초기 암모니아성 질소의 농도에 따라 *Nitrobacter*에 미치는 저해율(%)을 표시한 것이며, 이 경우 저해율은 다음과 같은 식을 사용하여 계산하였다.

$$\% \text{ inhibition} = \frac{[NO_2 - M]}{[NO_2 - M] + [NO_3 - M]} \times 100$$

여기서, [NO<sub>2</sub> - M], [NO<sub>3</sub> - M]는 질산화 후 최종농도이다.

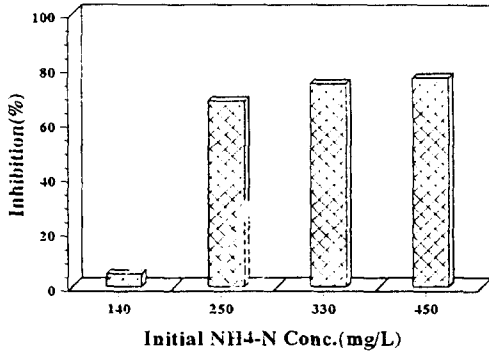


Fig. 3. Variations in % inhibition of *Nitro-bacter* with initial ammonia nitrogen concentration.

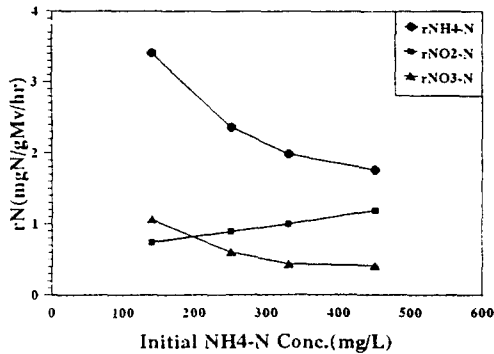


Fig. 4. Variations of nitrification rate with initial ammonia nitrogen concentration.

*Nitrobacter*에 대한 저해율이 높을수록 nitrite build-up 현상도 높은 것임을 의미하는데, 초기 농도 250 mg/L 이상의 조건에서 nitrite build-up 현상이 나타났음을 확연히 알 수 있으며 이때의 저해율은 70% 이상을 보였다.

Fig. 4.는 총 암모니아 제거율( $r_{NH_4-N}$ )과  $NH_4-N$ 에서  $NO_2-N$ 으로 전환되는 nitrification rate( $r_{NO_2-N}$ ) 및  $NO_3-N$ 으로의 전환속도인 nitrification rate ( $r_{NO_3-N}$ )를 최대 평균율로 표시한 것으로 농도가 높을수록 총 암모니아 제거율 및 nitrification rate가 감소하는 동시에 nitrification rate 값은 서서히 증가하는 것으로 나타나 초기 암모니아성 질소의 농도에 비례하여 nitrite build-up의 경향도 높게 나타남을 재확인 할 수 있다. 또한 nitrification

rate에 대한 nitrification rate 비도 높게 나타났는데, 그 비율은 용적부하에 따라 1.5~2.9배로 계산되었다. 어<sup>11)</sup>의 연구에 의하면 SBR공정에 의한 분뇨처리시 그 비율이 3배 정도, 호기성 고정생물막 반응조를 이용한 돈사폐수의 질산화 특성 연구<sup>12)</sup>에서는 그 비율이 8배 정도로 각각 보고된 바 있다.

## 2. pH의 변화

Fig. 5.는 초기 암모니아성 질소의 농도가 유사한 조건에서 pH 변화에 따른 영향을 고찰한 것으로 pH 7.0 조건인 Fig. 5.의 (a)에서는 완전한 질산화가 진행된 것으로 나타난 반면, pH 8.3과 8.8로 각각 조절된 (b)와 (c)에서는 아질산염의 농도가 질산염의 농도보다 아주 높은 nitrite build-up 현상이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 현상은 폐수중의 pH가 변화함에 따라 FA의 농도가 크게 달라짐으로써 nitrification에 관여하는 미생물인 *Nitrobacter*의 활동에 영향을 미친 것에 기인한 것으로 판단된다. 이론적 FA 농도는 초기 유입된 암모니아성 질소의 농도가 거의 유사함에도 pH 7.0에서는 1.8 mg/L, pH 8.3에서는 40.0 mg/L, pH 8.8에서는 86.3 mg/L로 각각 나타나 FA의 농도가 pH에 따라 크게 변화함을 알 수 있었다.

Fig. 6.은 Anthonisen 등<sup>11)</sup>이 제시한 질산화 저해 도표에 본 실험결과를 적용한 것으로 pH 8.3과 pH 8.8의 조건으로 조절된 경우에는 Zone 2지역에 존재하게 되어 FA에 의한 질산화 저해 현상을 보여 주었으나, pH 7.0의 조건에서는 Zone 2와 Zone 3지역의 경계지점에 존재하고 반응조내 미생물의 순응이 양호하여 완전한 질산화가 가능하였음을 판단 할 수 있었다.

Fig. 7.은 pH 조건별 반응시간에 따른 아질산염의 생성경향을 표시한 것으로 pH 8.3 조건에서 nitrite build-up이 가장 많이 일어났으며 이때에 *Nitrobacter*에 미치는 저해율은 81%이었다.

Fig. 8.은 pH 변화에 따른 총 암모니아 제거율, nitrification rate 및 nitrification rate 값을 나타낸 것으로  $r_{NH_4-N}$  및  $r_{NO_3-N}$ 은 pH가 증가함에 따라 감소하는 반면,  $r_{NO_2-N}$ 은 증가하는 경향을 보였으며 pH 8.3에서는 아질산염의 생성경향과 같이 최대값을 보였다. 이는 Balmelle 등<sup>8)</sup>이 제시한 pH

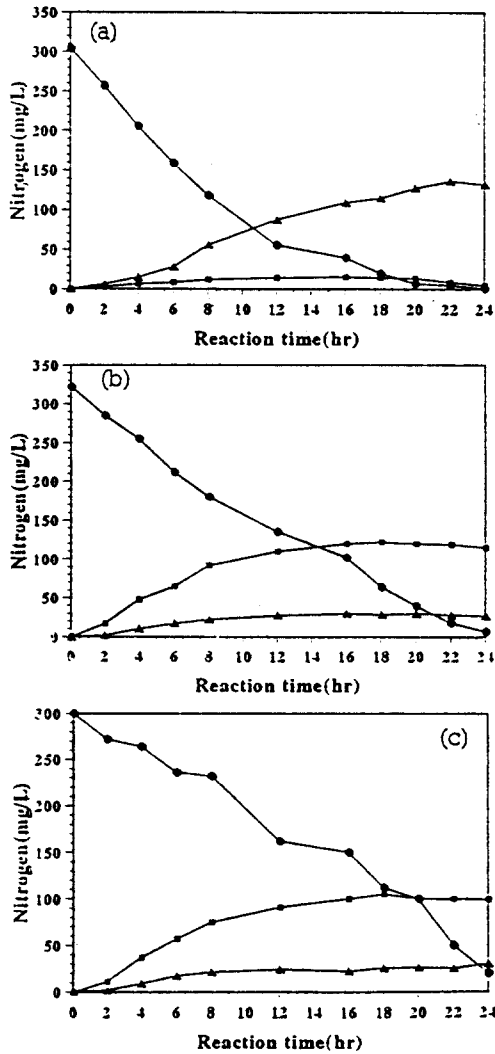


Fig. 5. Variations in different forms of nitrogen with pH:  
 (a) pH 7.0, (b) pH 8.3, (c) pH 8.8.  
 Symbols : ●, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N; ■, NO<sub>2</sub><sup>+</sup>-N;  
 ▲, NO<sub>3</sub><sup>+</sup>-N.

8.0~8.5 범위와 유사한 결과이다. 또한 nitrite build-up이 일어난 pH 8.3 및 pH 8.8 조건에서의 nitrataion rate에 대한 nitrataion rate 비는 약 5 배로 산출되었다.

이상에서와 같이 고농도 암모니아성 질소를 함유한 폐수의 생물학적 질산화시 반응조내의 pH는

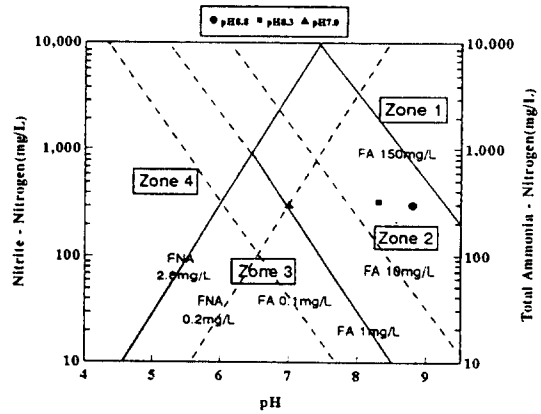


Fig. 6. Nitrification inhibition zone with pH and total ammonia nitrogen concentration.

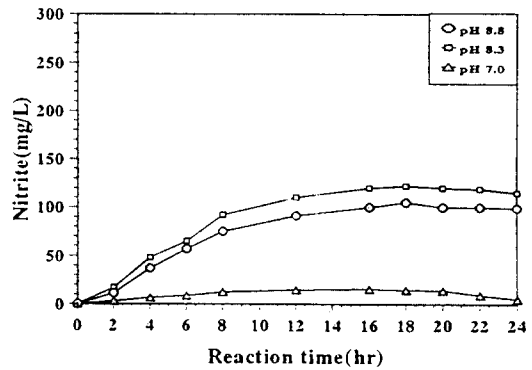


Fig. 7. Variations of nitrite-nitrogen with various pH.

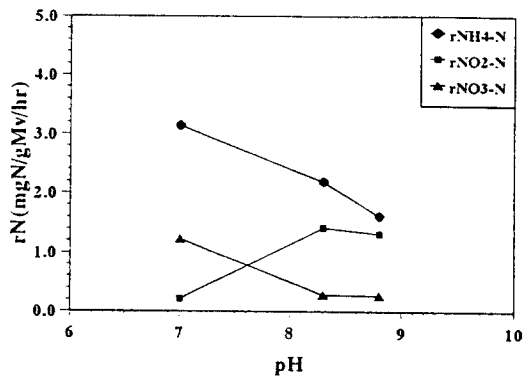


Fig. 8. Variations of nitrification rate with various pH.

nitrite build-up에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었으며, 질산화 미생물의 활성도에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러므로 일정부하에 의한 반응조 운전시 nitrite build-up 현상은 pH 조절만으로도 제어가 가능함을 알 수 있었는데 이는 반응조내의 FA 농도와 pH의 상관관계에 기인한 것으로 볼 수 있다.

### 3. 온도의 변화

Fig. 9.는 온도변화에 따른 반응시간의 경과에 대한 질산화 진행정도인  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 제거량과  $\text{NO}_x\text{-N}$ 의 생성량을 표시한 것이다. 온도가 10°C로 유지된 Fig. 9.의 (a)에서는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 제거량과  $\text{NO}_x\text{-N}$ 의 생성량이 미미하여 질산화가 거의 진행되지 않았음을 볼 수 있었고, 40°C로 유지된 (d)에서는 암모니아성 질소의 제거가 초기부터 14시간의 반응시간까지는 지속적으로 진행된 것에 비해

여  $\text{NO}_x\text{-N}$ 의 생성량은 상대적으로 아주 적게 나타나 암모니아성 질소의 제거가 미생물에 의한 질산화보다는 높은 온도에 의한 탈기 등에 영향이 큰 것으로 판단된다. 그러나 온도가 20°C와 30°C로 유지된 (b)와 (c)에서는 아질산염의 농도가 질산염의 농도 보다 아주 높게 생성되어 nitrite build-up 현상을 뚜렷이 관찰 할 수 있었는데, 이는 Eckenfelder<sup>13)</sup>가 제시한 질산화 미생물의 최대 성장온도인 25~35°C와 비교 할 때 거의 일치되는 결과이며, 이러한 현상은 Fig. 10.에서의 온도에 대한 아질산염 농도의 변화에서도 이를 확인할 수 있다.

Fig. 11.은 온도변화에 따른 총 암모니아 제거율, nitrification rate, nitrification rate의 최대평균값을 표시한 것으로 20~30°C에서  $r\text{NH}_4\text{-N}$  및  $r\text{NO}_2\text{-N}$  값이 급격히 증가하며, 30~40°C에서는 상당히 감소하는 경향을 보여 nitrification 미생물의

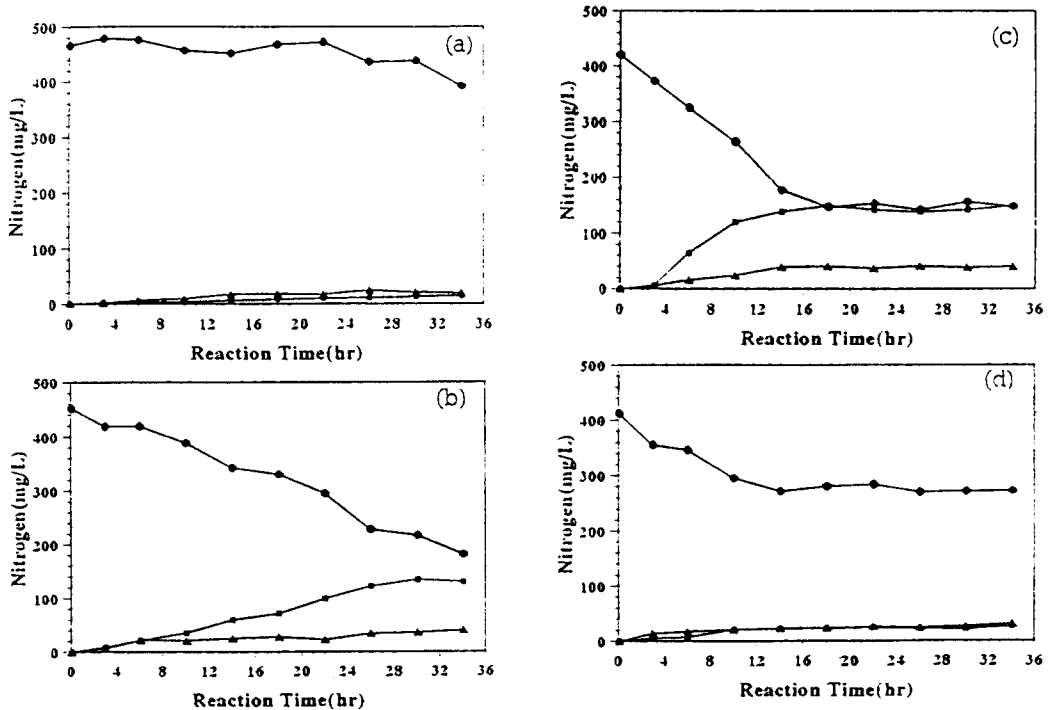


Fig. 9 Variations in different forms of nitrogen with temperature:  
 (a) 10°C, (b) 20°C, (c) 30°C, (d) 40°C.  
 Symbols : ●,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ; ■,  $\text{NO}_2^+\text{-N}$ ; ▲,  $\text{NO}_3^+\text{-N}$ .

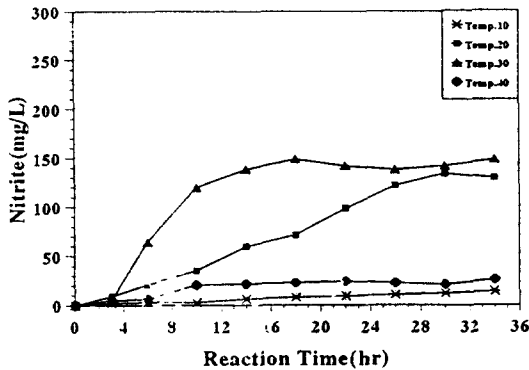


Fig. 10. Variations of nitrite-nitrogen with various temperature.

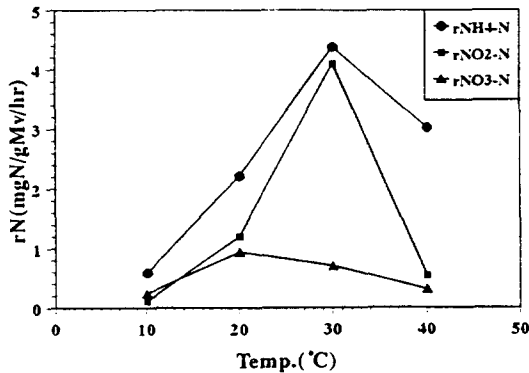


Fig. 11. Variations of nitrification rate with various temperature.

대한 아질산염 농도의 변화에서도 이를 확인할 수 있다.

Fig. 11.은 온도변화에 따른 총 암모니아 제거율, nitritation rate, nitrataion rate의 최대평균을 값을 표시한 것으로 20~30°C에서 rNH<sub>4</sub>-N 및 rNO<sub>2</sub>-N 값이 급격히 증가하며, 30~40°C에서는 상당히 감소하는 경향을 보여 nitritation 미생물의 활동이 20~30°C에서 가장 활발함을 알 수 있다. 이는 nitritation의 최적온도가 25°C 임을 발표한 Quinlan<sup>14)</sup> 및 Balmelle 등<sup>8)</sup>의 연구와 일치하는 반면, 30~36°C로 보고한 Ford<sup>15)</sup>의 연구와는 상이한 결과이다.

결과적으로, 온도에 따른 질산화 반응의 영향은 매우 민감하며 낮은 온도인 10 °C와 높은 온도인

40°C에서 nitritation 미생물의 성장이 상당히 둔화됨을 알 수 있었고, 30 °C 부근에서 nitrite build-up과 nitritation rate가 최대를 나타내었다. 따라서 질산화 저해는 일반적인 생물학적 처리시설에서 질산화 반응이 잘 진행되는 하절기에 더욱 가속화될 수 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 온도의 영향은 질산화 저해의 직접적인 영향인자로는 생각할 수 없으며, 단지 질산화 저해가 일어날 수 있는 암모니아성 질소의 농도 및 pH 조건에서 간접적으로 저해정도에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이는 저해가 일어나지 않았던 암모니아성 질소의 농도 140 mg/L 조건에서 반응온도가 20 °C 이상이었음에도 nitrite build-up 현상이 일어나지 않는 것으로 설명할 수 있다.

#### 4. 용존산소의 농도 변화

Fig. 12.는 용존산소 농도변화에 따른 반응시간의 경과에 대한 질산화 진행정도를 표시한 것으로, 모든 조건에서 아질산염의 생성량이 질산염의 생성량보다 상당히 높은 nitrite build-up 현상이 뚜렷하게 나타났다. 그러나 DO 2 mg/L의 조건인 Fig. 12.의 (a)에서는 다른 조건들에 비하여 NH<sub>4</sub>-N의 제거량과 NO<sub>x</sub>-N의 생성량이 상대적으로 적게 나타나 용존산소가 일정농도 이하일 경우에는 질산화에 지장을 초래함을 알 수 있다. 활성슬러지법에서 질산화 반응이 억제되지 않는 용존산소량은 2 mg/L인 것으로 알려져 있으며, Nitroso-monas의 경우 DO 1 mg/L 이상에서는 성장에 제한을 받지 않으나 실질적으로 2 mg/L 이상이 필요한 것으로 알려져 있다<sup>16)</sup>.

Fig. 13.은 용존산소 농도별 아질산염의 생성량을 표시한 것으로 DO 농도가 높으면 아질산염의 생성도 많아지는 경향은 있으나, DO 3 mg/L 이상의 농도에서는 그러한 경향을 뚜렷히 볼 수 없었다.

Fig. 14.는 용존산소의 농도 변화에 따른 총 암모니아 제거율, nitritation rate, nitrataion rate 값을 표시한 것으로 용존산소의 농도가 높을수록 rNH<sub>4</sub>-N과 rNO<sub>2</sub>-N의 값이 증가하는 경향은 있으나 DO 3 mg/L 이상에서는 Fig. 13.에서의 nitrite build-up의 경향과 같이 뚜렷한 증가는 볼 수 없었다. 이는 nitritation의 최적 조건이 DO 2.5mg/L



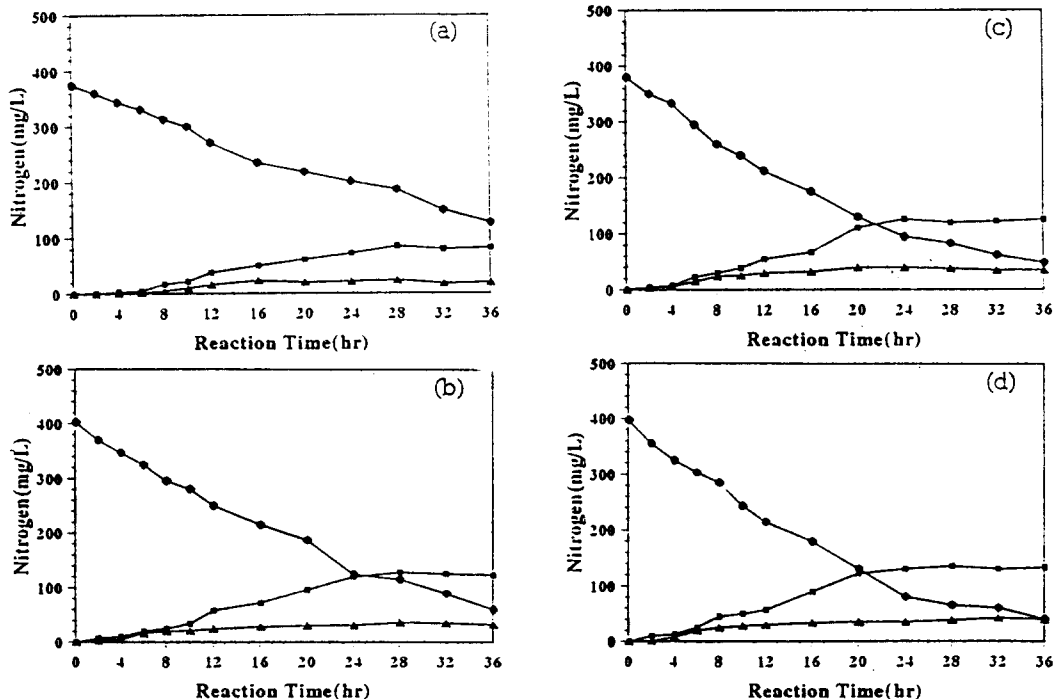


Fig. 12. Variations in different forms of nitrogen with DO concentration: (a) 2mg/L, (b) 3mg/L, (c) 4mg/L, (d) 5mg/L. Symbols : ●,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ; ■,  $\text{NO}_2^+-\text{N}$ ; ▲,  $\text{NO}_3^+-\text{N}$ .

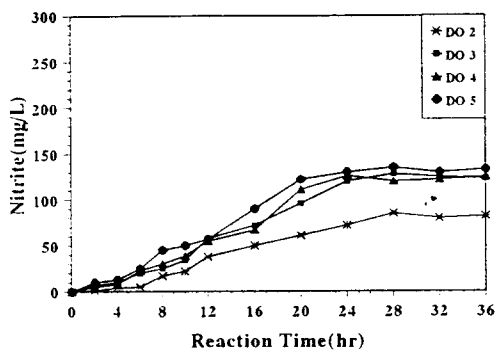


Fig. 13. Variations of nitrite-nitrogen with various DO.

이상의 결과로 볼 때, 용존산소의 농도는 nitrite build-up에 영향을 미치나 농도가 3 mg/L 이상에서는 큰 차이가 없음을 알 수 있었고, 암모니아성 질소 농도 140 mg/L에서 DO농도가 3 mg/L 이상

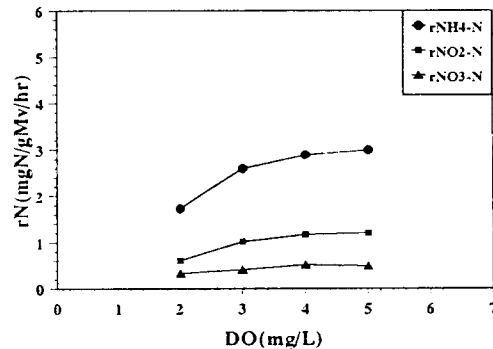


Fig. 14. Variations of nitrification rate with various DO.

이였음에도 nitrite build-up 현상이 나타나지 않은 것으로 볼 때 온도외 같이 DO는 질산화 저해의 간접적인 영향인자로 판단 할 수 있다.

지금까지의 각 영향인자에 대한 고찰을 종합해

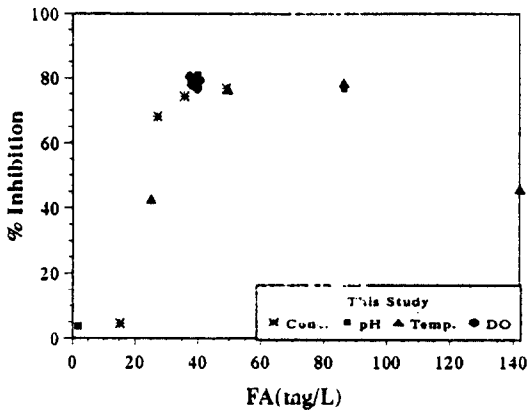


Fig. 15. Percent inhibition versus FA for the various experimental conditions.

보면, nitrite build-up에 가장 큰 영향을 미치는 직접적인 인자는 FA 농도이며, 이 농도는 초기 암모니아성 질소의 농도, pH, 온도 등에 의하여 변화됨을 알 수 있다. 따라서 FA 농도와 본 실험에 이용된 영향인자들과의 상호관계를 파악함으로써 이 인자들이 nitrite build-up에 미치는 영향의 직·간접적 범위 정도는 파악할 수 있을 것이다.

Fig. 15.는 FA 농도에 대하여 앞에서 고찰한 각 영향인자들의 질산화 저해율(%)을 표시한 것으로 초기 암모니아성 질소의 농도 및 pH에 대한 실험에서는 FA 농도가 증가함에 따라 질산화 저해율도 증가하는 경향이 나타났으나, 온도 및 용존산소에 대한 실험에서는 이러한 경향을 볼 수가 없었다. 따라서 초기 유입 암모니아성 질소의 농도와 pH는 nitrite build-up의 직접적인 영향인자이며, 온도 및 용존산소의 농도는 간접적인 영향인자임을 각각 알 수 있었다.

#### IV. 결 론

분뇨와 돈사폐수를 혼합한 폐수의 생물학적 질산화에서 nitrite build-up에 미치는 영향인자들에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 초기 암모니아성 질소의 농도는 nitrite build-up의 직접적인 영향인자로 250 mg/L 이상의 조건에서 nitrite build-up 현상이 나타났으며, 이때의 질산화 저해율은 약 70% 이상을 보였다.

2. pH는 nitrite build-up의 직접적인 영향인자로 pH 8.3 조건에서 nitrification이 가장 잘 일어났으며, 질산화 저해가 일어나는 초기 암모니아성 질소의 농도 조건에서도 반응조 내의 pH 조절만으로 완전한 질산화를 유도할 수 있음을 알았다.
3. 온도는 nitrite build-up의 간접적인 영향인자로 질산화 미생물의 활성도와 암모니아성 질소의 제거에 직접적인 영향을 주며, 30°C 부근에서 nitrification이 최대로 나타났다.
4. 용존산소 농도는 nitrite build-up의 간접적인 영향인자로 질산화 미생물의 활성도 등에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 3 mg/L 이상의 농도에서는 농도의 상승에 따른 영향은 미미한 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. Anthonisen, A. C., Loehr, R. C., Prakasam, T. B. S., and Srinath, E. G., Inhibition of Nitrification by Ammonia and Nitrous Acid, *JWPCF*, 48, 5, 835-851, 1976.
2. Suthersan, S., and Ganczarczyk J. J.: Inhibition of Nitrite Oxidation during Nitrification, *Some Observations. Wat. Poll. Res. J. Can*, 21, 257-226, 1986.
3. Jayamohan, S., Ohgaki, S.: Effect of DO on Kinetics of Nitrification, *Wat. Supply*, 6, 141-150, 1988.
4. Hanaki, K., et al.: Nitrification at Low Levels of Dissolved Oxygen with and without Organic Loading in a Suspended-Growth Reactor, *Wat. Res.*, 24, 3, 297-302, 1990.
5. 한동준, 영양염류 제거를 위한 반응특성 및 UBF와 Anoxic-Oxic공정이 연계된 생물막공정 개발, 강원대학교 박사학위 논문, 1996.
6. APHA-AWWA-WPCF: Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, 1992.
7. Alleman, J. E., Irvine, R. L.: Nitrification in

- the Sequencing Batch Reactor, *JWPCF*, 52, 2747, 1980.
8. Balmelle, B., et al. : Study of Factors Controlling Nitrite Build-up Biological Processes for Water Nitrification, *Wat. Sci. Tech*, 26, 5-6, 1017-1025, 1992.
  9. Sauter, L. J., et al. : A Streamlined Approach to Biological Nitrogen Removal, *J. Environ. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 296, 1980.
  10. Turk, O., and Mavnic, D. S. : Stability of Nitrite Build-up in an Activated Sludge System. *WPCF.*, 61, 8, 1440-1448, 1989.
  11. 어성욱 : 분뇨와 같은 고농도 폐수로 부터의 영양소 제거기작에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문, 1995.
  12. 유진복 : 돈사폐수의 기질 및 질산화 특성, 강원대학교 석사학위 논문, 1996.
  13. Eckenfelder, W. W. : Industrial Water Pollution Control by McGraw-Hill, Inc., 1989.
  14. Quinlan, A.V. : Optimum Temperature Shift for Nitrobacter Winogradskyi : Effect of Dissolved Oxygen and Nitrite Concentrations, *Wat. Res.*, 20, 5, 611-617, 1986.
  15. Ford, D. L. : Comprehensive analysis of Nitrification of Chemical Processing Wastewaters. *JWPCF*, 52, 11, 2726-2746, 1980.
  16. EPA, Manual Nitrogen Control, EPA/625/R-93/010, 1993.
  17. Knowles, G., Downing, A. L., and Barrett, M. J. : Determination of Kinetic Constants for Nitrifying Bacteria in Mixed Culture with The Aid of A Computer *J. Gen. Microbiol.*, 38, 263-278, 1965.