

## 질산화균 활성화조를 이용한 하수처리 공정에서의 유기물 및 질소, 인 제거에 관한 연구

### A Study on Removal of Organism and Nitrogen, Phosphorus in Wastewater Treatment Process Using Nitrifier Activated Reactor

동영탁 · 서동환 · 배유진\* · 박주석

Young-tak Dong · Dong-whan Seo · Yu-jin Bae\* · Ju-seok Park

서울산업대학교 환경공학과

(2007년 9월 20일 논문 접수; 2007년 11월 9일 최종 수정논문 채택)

#### Abstract

The use of water by cities is increasing owing to industrialization, the concentration of population, and the enhancement of the standard of living. Accordingly, the amount of waste water is also increasing, and the degree of pollution of the water system is rising. In order to solve this problem, it is necessary to remove organisms and suspended particles as well as the products of eutrophication such as nitrates and phosphates. This study developed a high-end treatment engineering solution with maximum efficiency and lower costs by researching and developing a advanced treatment engineering solution with the use of Biosorption. As a result, the study conducted a test with a 50m<sup>3</sup>/day Pilot Scale Plant by developing treatment engineering so that only the secondary treatment satisfies the standard of water quality and which provided optimal treatment efficiency along with convenient maintenance and management. The removal of organisms, which has to be pursued first for realizing nitrification during the test period, was made in such a way that there would be no oxidation by microorganisms in the reactor while preparing oxygen as an inhibitor for the growth of microorganism in the course of moving toward the primary settling pond. The study introduced microorganisms in the endogeneous respiration stage to perform adhesion, absorption, and filtering by bringing them into contact with the inflowing water with the use of a sludge returning from the secondary settling pond. Also a test was conducted to determine how effective the microorganisms are as an inner source of carbon. The HRT(Hydraulic Retention Time) in the nitrification tank (aerobic tank) could be reduced to two hours or below, and the stable treatment efficiency of the process using the organisms absorbed in the NAR reactor as a source of carbon could be proven. Also, given that the anaerobic condition of the pre-treatment tank becomes basic in the area of phosphate discharge, it was found that there was excellent efficiency for the removal of phosphate when the pre-treatment tank induced the discharge of phosphate and the polishing reactor induced the uptake of

\*Corresponding author Tel: +82-10-3244-3101, FAX: +82-2-372-2916, E-mail: jini1357@hanmail.net (Bae, Y.J.)

phosphate. The removal efficiency was shown to be about 94.4% for BOD<sub>5</sub>, 90.7% for COD<sub>Cr</sub>, 84.3% for COD<sub>Mn</sub>, 96.0% for SS, 77.3% for TN, and 96.0% for TP.

**Key words:** Biosorption, Carbon source, NAR

**주제어:** 부영양화현상, 생물학적 흡착, 생물흡착반응조, 미생물 활성화조

## 1. 서 론

급격한 산업의 발달과 도시화에 따른 인구집중현상으로 인하여 도시하수와 산업폐수 배출량이 급격히 증가하였으며 부적절한 처리 후 방류된 오염물질이 하천이나 호수로 무분별하게 유입됨에 따라 부영양화(Eutrophication)현상이 야기되어 수질오염이 더욱 가속화되고 있다(Andrews, 1971; Burdick, 1982). 특히 질소 및 인의 성분은 생물체의 성장 및 대사에 필수 영양소이지만 부영양화의 원인물질이기도 하다. 이러한 부영양화의 원인이 되는 영양염류는 호수나 저수지 혹은 유속이 느린 하천에서 다량 유입될 시 식물성 플랑크톤과 수초의 과잉성장으로 인한 수생식물의 대사와 분해의 반복과정에서 발생하는 수중의 용존산소의 결핍과 용존산소의 과포화 현상으로 수생 생태계의 이상이 생기고, 악취가 발생하며 수중에 영양염류의 축적이 일어나 부영양화의 반복이 일어나는 악영향이 발생하게 된다. 이러한 부영양화 현상을 근본적으로 해결하기 위하여 사업장 및 생활계에서 배출되는 산업폐수와 생활하수 내에 포함된 질소와 인 등의 영양염류를 처리하고 인간의 생활이 윤택해져감에 따라 점차적으로 변하고 있는 유기물의 성상을 최적적으로 처리하기 위한 방법이 모색되어졌다. 활성슬러지공법은 19세기 후반부터 20세기 초반에 걸쳐서 하수의 생물학적 처리법으로 개발되었으며, 이 후에 하수처리의 대표적 처리공법으로 발전하여 여러 가지 변형으로 개발되어져왔다. 그러나 우수한 유기물 제거 능력에 비하여 질소 및 인의 경우, 높은 제거율을 얻기 힘들다는 문제점을 지니고 있다. 이에 따라 고도처리의 필요성이 대두되어 1970년대 초반 이래, 고도처리 시설의 수가 괄목하게 증가되고 있으며 특히 질소와 인의 제거에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다. 고도처리의 필요성은 방류수역의 수질환경기준의

달성, 폐쇄성 수역의 부영양화 방지, 방류수역의 이용도 향상, 처리수의 재이용에 있다고 요약해 말할 수 있겠다(Jepsen, 1992).

따라서 본 공정에서는 우리나라의 하수 성상, 계절별 변화에 대응이 가능하면서도, 최소부지에서 최대의 효율을 극대화 할 수 있고, 친환경적인 설계변환 측면에서도 우수한 고도처리 공법을 개발하기 위하여 연구를 수행하였으며, 본 연구에서는 처리공법의 전처리 단계에서 유기물 제거 효율을 알아보고 본 공법의 질소와 인의 제거 효율을 규명하기 위하여 현장에서 Pilot Plant 규모에서 수행하였다.

Biosorption 이론은 본 공법의 BAR(Biosorption Activated Reactor)에서 유기물흡착영역에서 이루어지며 하수 중에 유기물과 질소를 분리하는 전처리 단계로 이용하는 것으로서 Biosorption에서는 흡착, 흡수, 여과, 담체의 개념이 모두 포함된 접촉안정화법의 개념이 포함되지만 학술적으로 정확한 단어를 찾을 수 없어 본 연구실에서 Biosorption이란 단어를 사용하였다(Chuboba, 1995).

하·폐수 내 존재하는 유기물의 형태는 크게 부유성, 콜로이드성, 용존성 물질로 구분되어진다(Arora, 1987). 이러한 유기물들은 미생물에 의하여 두 가지 작용으로 제거되어지는데, 첫째, 본 공법의 활성슬러지 플럭 외부의 생물막으로 형성되어지는 세포벽에 하·폐수 내에 포함된 유기물이 순간적으로 접촉하여 미생물의 기질로서 이용되는 현상과 둘째, 슬러지의 플럭 외부에 흡착된 후 유기물이 세포내부로 흡수되어 기질로서 이용되어 동화·이화작용으로 유기물을 분해하고, 또다시 세포를 합성하기도 하는 현상으로 나누어진다. 기존의 기술들은 위의 두 가지 작용을 이용하여 미생물들이 유기물을 완전 산화시키는 기술만을 발전시켜왔다. 따라서 유기물을 완전 산화시키는 데 적게는 2시간에서 8시간까지 산화시켜야만 하고, 그만큼 반응의 체류시간이 늘어나고 그로인해 반

응조의 크기가 커질 수밖에 없는 단점을 감수해야만 했다(Ferhan, 1995, 황, 2000). 그러나 Biosorption 기술은 위의 작용들과는 다르게 미생물이 유기물을 기질로서 동화·이화작용을 할 수 없도록 하였다. 그리고 일차침전지에서 폐 슬러지로 유기물을 제거하거나, 탈질조에서 필요한 탄소원을 외부에서 주입하지 않고 Biosorption으로 제거된 유기물을 탈질조에서 탄소원으로 사용함을 유도하였다.

본 연구는 하수처리장에 설치된 50m<sup>3</sup>/day 규모의 Pilot Scale Plant에서 미생물 활성화조를 이용한 질소 제거 기작 특성 고찰 및 유기물과 인의 처리효율을 평가하고자 했으며, 각 반응조를 거치는 동안 1차침전조와 최종 방류되는 수질을 분석함으로써 유입대비 방류수질을 평가해 보고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험장치 및 소개

본 실험장치는 유기물흡착조/일차침전조/NAR조/질산화조/탈질조/재포기조/최종침전조로 구성된 공정으로 유입수의 유기물을 흡착시켜 탄소원으로 사용하고, NAR(Nitrification Activated Reactor: 최종 침전지로부터 반송되는 슬러지는 질산화균의 활성화를 위해 본 반응조를 거치게 되며, 그 일령을 높여 질산화균의 활성도를 높이게 된다)조에서 질산화 효율을 향상시켜 질소와 인을 처리하는 하수처리장치로서 DBS II 로 명명하였고, 유입하수처리량은 하루 50m<sup>3</sup>

/day로 운전하였다.

전처리단계는 유기물흡착조와 일차침전지로 구성되어있으며, 유기물흡착조는 준호기성 영역과 혐기성 영역을 가지며, 준호기성 영역에서는 최종침전지에서 반송되는 반송슬러지를 이용하여 유입되는 하수에 포함되어 있는 부유물질 및 유기물과 인을 미생물에 의해 흡착되도록 하였으며, 혐기성 영역에서는 인을 방출하도록 하였다. 부유물질과 일부 용존성 유기물 및 인이 흡착되어 제거되지만 용존성 질소는 거의 흡착되지 않기 때문에 다른 오염물질은 분리된다.

유기물흡착조를 거친 혼합액은 일차침전지로 보내어 고액분리하고 분리 후 오염물질의 대부분이 용존성 질소인 상등수는 생물반응단계의 질산화조로 보내고, 부유물질과 유기물질 등이 흡착된 상태의 침전슬러지 대부분은 슬러지이송펌프를 이용하여 생물반응단계의 탈질조로 이송하여 탄소원으로 사용된다. 이때 폐기되는 슬러지는 유기물 부하가 높는데 비해 질소의 부하가 낮은 폐수에 한하며, 대부분의 하수의 경우에는 사용하지 않는다.

생물반응단계는 질산화균활성화조(NAR), 질산화조, 탈질조, 재포기조로 구성되어 있으며, 전처리 단계를 거쳐 유입되는 상등수는 생물반응단계의 질산화조로 유입되게 되며, 침전된 슬러지는 생물반응단계의 탈질조로 유입되게 된다.

질산화조로 유입된 상등수는 최종침전지로부터 반송된 슬러지를 질산화균활성화조(NAR)조로 유입시켜 질산화균의 활성화를 촉진시킨 후에 유입시켜 암

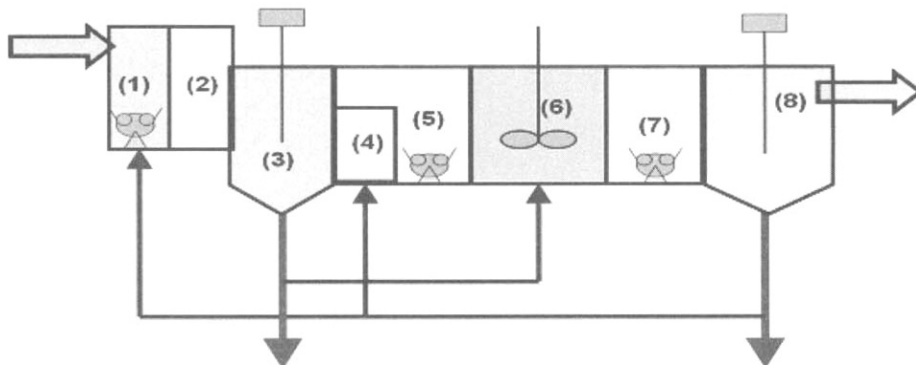


Fig. 1. 생물학적 흡착을 이용한 고도처리 공정.

(1) Biosorption Reactor(BAR, 전처리조), (2) Anaerobic Reactor(BAR, 전처리조), (3) 1st Clarifier, (4) NAR Reactor(생물반응조), (5) Nitrification Reactor(생물반응조), (6) Denitrification Reactor(생물반응조), (7) Polishing Reactor(생물반응조), (8) 2nd(Final) Clarifier

모니아성 질소가 질산성 질소로 변환되어 탈질조로 유입된다.

탈질조에서는 일차침전지의 이송슬러지와 질산화조의 혼합수가 혼합되어 탈질이 유도되며, 탈질된 혼합슬러지는 호기성 조건의 재포기조로 유입되어 인을 과잉으로 섭취시켜, 최종침전지를 통해 고액분리된 다음 상등수는 방류하고, 침전된 슬러지는 약 25~35% 정도는 유기물흡착조로 반송하며, 20~40% 정도는 질산화균활성화조(NAR)로 보내고 일정량은 폐기한다. 기존의 공법은 미생물의 활성이 저하되어 유기물 및 암모니아성 질소의 질산화율의 저감으로 처리에 문제가 발생한다. 하지만, 본 공법은 미생물의 흡착능력을 이용하므로 호기조건인 질산화조에서 타 공법에 비해 C/N비가 낮게 유입됨으로써 온도의 영향을 적게 받으며, 비성장속도가 매우 느린 질산화 미생물의 온도에 의한 질산화속도에 영향을 미생물의 농도를 조절하게 하여 질산화 효율의 저하를 예방할 수 있다.

## 2.2. 운전조건

하루 50m<sup>3</sup>/day 규모의 DBS II 공법의 운전조건은 Table 2와 같다. NAR조에서 중속영양세균과 경쟁하여야 하는 질산화균인 독립영양세균은 그 산소경쟁력이 뒤진다. 또한 중속영양세균에 의한 시스템의 경우 슬러지 일령이 3~5일로서 질산화균의 10일 이상에 비해 매우 짧음으로 해서 그 일령을 보충해주어야 할 필요가 있다. 최종침전지로부터 반송되는 슬러지는 질산화균의 활성화를 위해 본 반응조를 거치게 되며, 그 일령을 높여 질산화균의 활성도를 높이게 된다. 이때 체류시간은 20~40분이며, 혼합슬러지의 농도는 9,000~15,000mg/L로 운전하였다.

## 2.3. 분석 항목 및 분석 방법

실증플랜트 분석은 주2회 실시하였고, 분석기간은 약 6개월 동안 하였다. 분석항목은 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>, SS, T-N, T-P이고 시료 채취, 분석 및 보존은 수질오염공정시험방법에 명시된 방법을 이용하였다.

## 3. 실험결과

### 3.1. 유입수의 성상 및 실험 기간 내 운전인자

유입수는 경기도 u시의 u하수처리장 1계열 침사지로 유입되는 하수를 펌프에 의해 유입시켜 처리하였다.

반응조의 전체 수리학적체류시간(HRT)은 7.17~11.17hr이었으며, 고형물체류시간(SRT)은 10.93일이었다. 슬러지반송량은 이송슬러지량(1차침전지에서 탈질조로 유입되는 양)이 평균 17.2m<sup>3</sup>/d로서 유입유량 대비 평균 30%였고, 외부반송슬러지(최종침전지에서 Biosorption Reactor; BAR조로 유입되는 양)량이 평균 15.4m<sup>3</sup>/d로서 유입유량 대비 평균 27%였으며, 내부반송슬러지(최종침전지에서 질산화균활성화조; NAR조로 유입되는 양)량이 평균 18m<sup>3</sup>/d로서 유입유량 대비 평균 33%로 조사되었다. DO는 유입수가 평균 1.16mg/L, 유기물흡착조의 준호기성영역이 평균 0.32mg/L, 유기물흡착조의 혐기성영역이 평균 0.11mg/L, 질산화균활성화조가 평균 4.17mg/L, 질산화조가 평균 4.05mg/L, 탈질조가 평균 0.10mg/L, 재포기조가 평균 4.01mg/L으로 운전되었다. 생물반응조의 ORP는 유기물흡착조의 준호기성영역이 평균 -98mV, 유기물흡착조의 혐기성영역이 평균 -187mV, 질산화균활성화조가 평균 48mV, 질산화조가 평균 57mV, 탈질조가 평균 -44mV, 재포기조가 평균 44mV로

Table 1. 반응조 명칭과 역할

반응조명칭	반응조조건	반응조기능
BAR(생물흡착반응조)	준호기 + 혐기	미생물 흡착을 이용 유기물 흡착 + 혐기성 영역에서 인 방출
1차침전지	침전	고액분리 후 질산화조와 탈질조로 분리 주입
NAR(질산화균활성화조)	호기	질산화균의 활성화(슬러지재포기)
질산화조	호기	미처리된 유기물의 산화 및 질산화
탈질조	무산소	탈질반응에 의한 유기물 산화 및 질소 제거
재포기조	호기	Polishing(호기성 조건, 인의 과잉섭취)
2차침전지	침전	고액분리 후 전처리조 및 NAR조로 반송슬러지 분리 주입

Table 2. DBS II 공법의 운전조건

구 분	기 본 항 목	단 위	운 전 조 건
유입수	유입량	m <sup>3</sup> /d	50~70
유기물흡착조	MLSS농도	mg/L	1,500~4,000
	슬러지 반송량	%	20~35
	공기량	L/min	25~40
	HRT	min	30~50
일차침전지	수면적부하	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d	30~50
	HRT	min	60~90
	유효수심	m	1.5~3.0
질산화조	DO	mg/L	1.0~4.0
	MLSS농도	mg/L	2,000~4,500
	HRT	min	90~150
탈질조	MLSS농도	mg/L	3,000~6,000
	슬러지 이송량	%	20~35
	HRT	min	90~150
재포기조	MLSS농도	mg/L	3,000~6,000
	DO	mg/L	0.5~2.0
	HRT	min	20~40
질산화균활성화조(NAR)	MLSS농도	mg/L	9,000~15,000
	HRT	min	20~40
최종침전지	수면적부하	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d	30~40
	HRT	min	120~150
	유효수심	m	1.5~3.5
잉여슬러지	잉여슬러지량	m <sup>3</sup> /d	0.30~0.60
	MLSS농도	mg/L	9,000~15,000

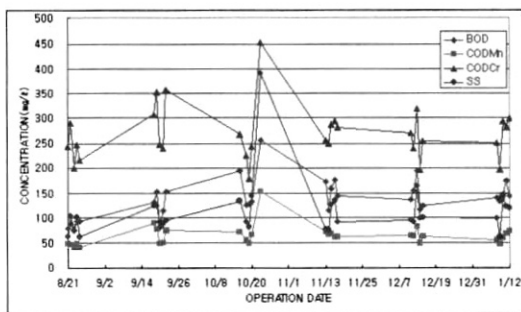


Fig. 2. 유입수의 유기물질과 부유물질의 농도.

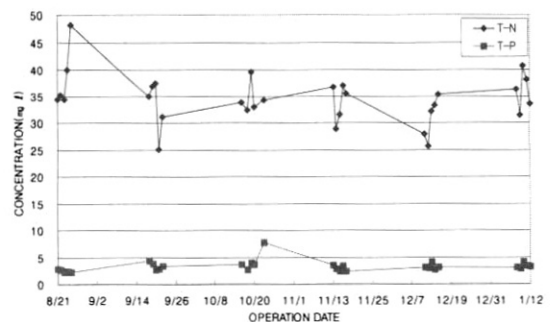


Fig. 3. 유입수의 질소와 인의 농도.

조사되었다. 아래 Fig. 2~3는 실험기간 중 유입수의 유기물질과 부유물질의 농도 그리고 질소와 인의 농도를 나타낸 그림이다.

2006년 8월~2007년 1월까지 BOD<sub>5</sub>가 평균 137.9(76.0~257.0)mg/L, COD<sub>Mn</sub>은 평균 63.9(41.0

~153.9)mg/L, COD<sub>Cr</sub>은 평균 267.8(179.1~452.0)mg/L, SS는 평균 112.4(62.0~392.0)mg/L, T-N은 평균 34.5(25.1~48.1)mg/L, T-P는 평균 3.26(2.21~7.73)mg/L로 분석되었다.

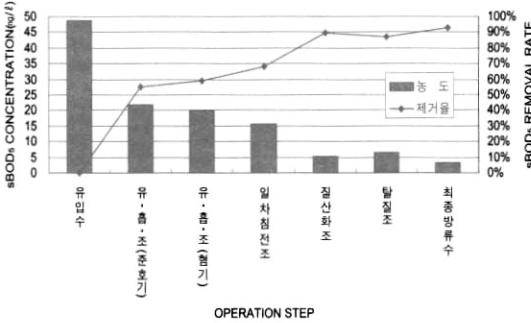


Fig. 4. 유입수의 SBOD<sub>5</sub>의 농도와 제거율.

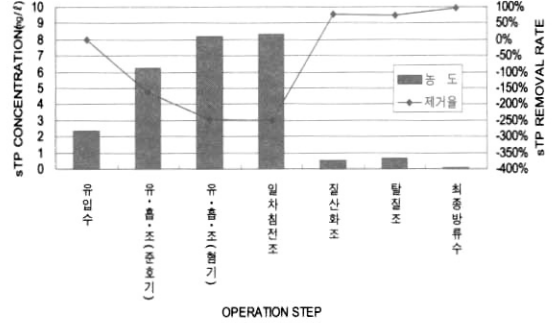


Fig. 6. 유입수의 STP의 농도와 제거율.

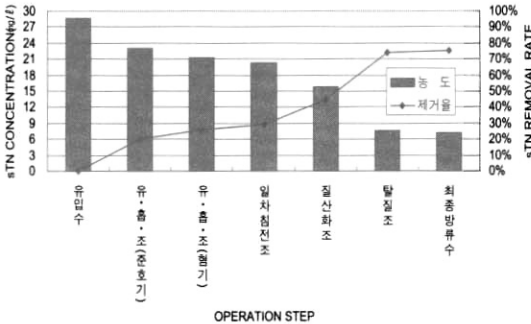


Fig. 5. 유입수의 STN의 농도와 제거율.

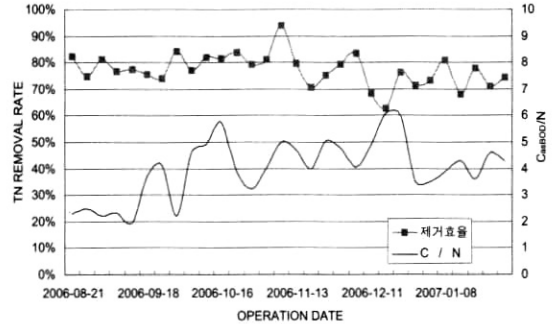


Fig. 7. C/N비 변화에 따른 총질소 제거율의 변화.

### 3.2. 공정별 물질거동과 제거효율

단위공정별로 유기물질과 질소, 용해성인의 거동과 제거효율을 알아보기 위하여 각 반응조의 여과액을 채취하여 SBOD<sub>5</sub>, STN, STP를 측정하였다. 그 결과는 Fig. 4-6에 나타내었다.

분석기간 중 유입수의 평균 SBOD<sub>5</sub> 농도는 48.7mg/L, 처리수의 SBOD<sub>5</sub> 농도는 3.4mg/L로서 93.1%의 제거효율을 보였고, STN 농도는 28.7mg/L, 처리수의 STN 농도는 7.2mg/L로서 75.0%의 제거효율을 보였으며 STP의 농도는 2.37mg/L, 처리수의 STP 농도는 0.08mg/L로서 97%의 제거효율을 보였다. 인의 제거능력은 기존공정에 비해 뛰어난 처리와 환경변화에 관계없이 일정한 배출농도를 유지하고 있다. 이는 인 방출영역의 설치로 인해 인축적미생물들이 탈질 미생물보다 먼저 유기물을 섭취할 수 있게, 흡착된 유기물을 인 방출조에 유입하기 때문이다.

### 3.3. C/N비에 따른 질소 제거효과

Fig. 7은 C/N비 변화에 따른 총질소 제거율의 변

화를 나타낸 그래프로 일반적으로 A<sub>2</sub>O 계열에서 질소제거를 70% 이상 안정적으로 처리하기 위한 C/N(BOD/TN)비는 5 이상으로 알려져 있으나 DBS II 공정은 C/N(BOD/TN)비가 4 이하인 경우에도 70% 이상의 처리효율을 보이고 있다. 이는 유입수의 C/N비가 낮을 경우라도 유기물흡착조에서 유입수내 유기물을 흡착하여 일차침전조에서 침전된 고농도의 슬러지를 이송하여 탈질에 사용하므로 문제점을 해결할 수 있었던 것으로 보인다.

그리고 이와는 별도로 질산화 효율 비교실험을 위하여 실험군으로 본 공법의 BAR조를 거친 상등수를 사용하고 대조군으로는 실험군과 동일한 원수를 사용하여, 90분 동안 동일한 조건하에 포기시켜 매 30분마다 시료를 채취하여 암모니아성 질소를 측정하였다. 이는 아래의 Fig. 7과 같다.

### 3.4. 유기물흡착량에 따른 질소 제거효과와 항목별 농도변화

분석기간에 유기물흡착조에서 나타난 BOD 제거량

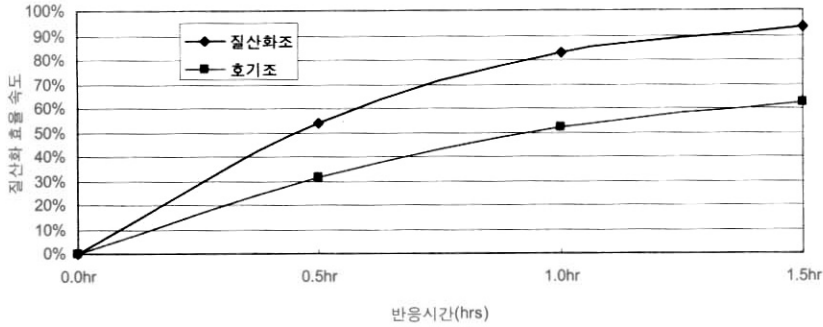


Fig. 8. 질산화 효율 속도.

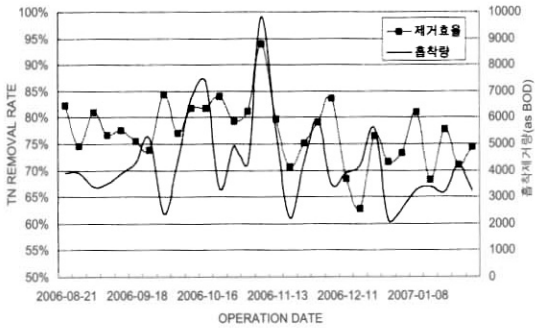


Fig. 9. 유기물 흡착량에 따른 질소 제거효율.

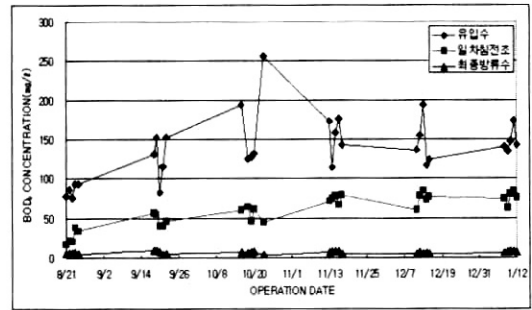


Fig. 10. BOD<sub>5</sub> 농도 변화.

과 TN 제거율과의 관계를 비교한 것으로 Fig. 9와 같이 제거효율과 흡착제거량은 비례관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

실험기간 동안의 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>, SS, TN, TP의 농도 변화는 Fig. 10~15에 나타내었다. BOD<sub>5</sub>는 유입 137.9(76.0~257.0)mg/L, 유출 7.2(4.5~9.9)mg/L, 처리효율 약 94.4%, COD<sub>Mn</sub>은 유입 평균 63.9(41.0~153.9)mg/L, 유출 9.4(6.1~12.6)mg/L, 처리효율 약 84.3%, COD<sub>Cr</sub>은 유입 267.8(179.1~452.0)mg/L, 유출 24.1(14.0~39.0)mg/L, 처리효율 약 90.7%, SS의 경우 유입 112.4(62.0~392.0)mg/L, 유출 3.9(1.3~8.0)mg/L 처리효율 약 96.0%, TN의 경우는 유입 34.5(25.1~48.1)mg/L, 유출 7.8(2.1~11.1)mg/L 처리효율 약 77.3%, TP의 경우 유입 3.26(2.21~7.73)mg/L, 유출 0.13(0.07~0.25)mg/L 처리효율 약 96.0%임을 알 수 있었다.

Fig. 10에서 유기물흡착조와 일차침전조를 통해 55%이상의 유기물이 제거되었고, 제거된 유기물은 이후 탈질시 탄소원으로 재사용하게 되며, 전처리단

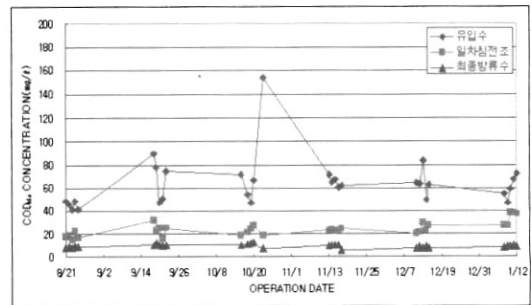


Fig. 11. COD<sub>Mn</sub> 농도 변화.

계에서 대부분의 유기물을 제거하므로 주공정에서는 유기물의 영향 없이 질산화를 빠른 시간에 이룰 수 있다. 이로 인해 최종방류수는 처리시간이 단축됨에도 불구하고, 94% 이상의 높은 효율을 보였다. Fig. 11-13는 BOD<sub>5</sub>와 거의 동일한 추이의 보였고, Fig. 14에선 TN의 일차침전조에서 나타난 고형성 TN 성분의 제거율은 최소 6.3%에서 최대 69.0%로 평균 36.5%로 확인되었고, C/N비를 낮추는 역할을 수행

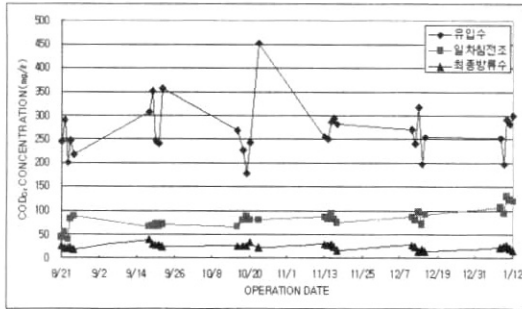


Fig. 12. COD<sub>Cr</sub> 농도 변화.

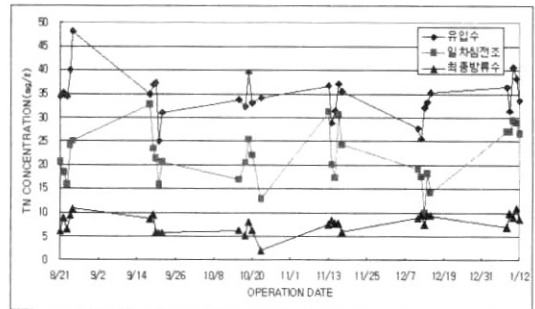


Fig. 14. TN 농도 변화.

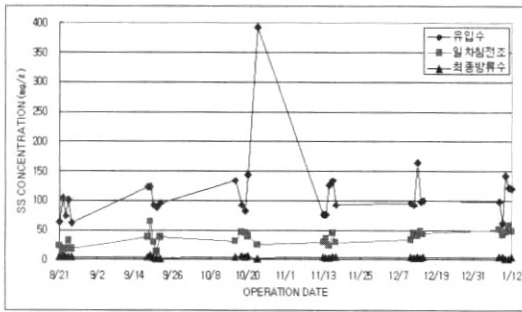


Fig. 13. SS 농도 변화.

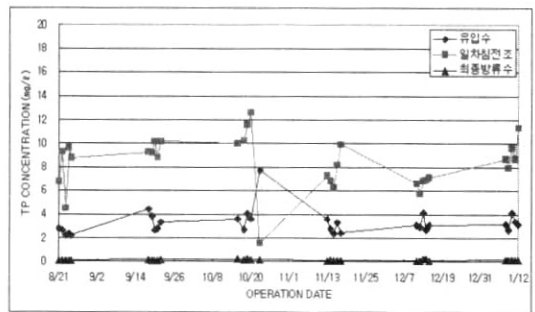


Fig. 15. TP 농도 변화.

함을 알 수 있었다. 또한 최종방류수는 처리시간이 단축됨에도 불구하고 77.3% 이상의 높은 효율을 보였다. Fig. 15는 TP의 일차침전조상등수, 최종방류수의 제거율을 나타낸 그래프로 일차침전조에서 나타난 결과를 확인하면 유기물흡착조의 혐기영역과 일차침전조를 통해 150% 이상의 인을 방출하였고, 이후 주공정을 거쳐 혐기공정과 호기공정의 조화로 최종방류수의 제거율은 최소 91.5%에서 최대 98.4%로 평균 96.0%임을 알 수 있었다. 그리고 유입농도의 심한 부하변동에도 불구하고 일정한 처리효율을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 공정의 질산화조는 오·하수 내 암모니아성 질소를 질산성 질소로 변환시키는 단계로서 NAR조를 설치하여 질산화 미생물을 활성화시켜, 고농도로 미생물을 유지한다. BAR조와 일차침전지를 거쳐 유입되는 하수의 유기물 농도는 낮아져서 유기물과 암모

니아성 질소의 비(C/N)가 유입 원수에 비해 현저히 낮아지게 된다. 따라서 질산화 시간이 단축되고, 완벽한 질산화를 이룰 수 있다. 왜냐하면 질산화 균들은 독립영양미생물로서 에너지를 유기물산화에서 얻는 것이 아니라, 무기물질을 산화시키면서 에너지를 얻기 때문에 유기물 산화균인 중속영양세균에 비해서 산소경쟁력이 뒤지게 된다. 따라서 질산화를 시키려 할 때에 유기물의 농도가 높다면(C/N비가 높다면) 유기물을 모두 산화시켜 제거한 후에 질산화를 이루게 됨으로 C/N비가 낮게 질산화조로 유입된다는 것은 다른 공정을 보다 질산화 미생물을 더 많이 유지시킬 수 있으며, 또한 질산화 미생물을 고농도로 유지함으로써 인 제거 수은 저하 시에도 질산화 효율을 보장할 수 있으므로 질소제거효율을 충분히 보장할 수 있을 것이라 사료된다.

1. BOD<sub>5</sub>는 유입 137.9mg/L, 유출 7.2mg/L, 처리 효율 약 94.4%, COD<sub>Cr</sub>은 유입 267.8mg/L, 유출 24.1mg/L, 처리효율 약 90.7%, COD<sub>Mn</sub>은 유입 평균



63.9mg/L, 유출 평균 9.4mg/L, 처리효율 약 84.3%. SS의 경우 유입 112.4mg/L, 유출 3.9mg/L, 처리효율 약 96.0%, TN의 경우는 유입 34.5mg/L, 유출 7.8mg/L, 처리효율 약 77.3%, TP의 경우 유입 3.26mg/L, 유출 0.13mg/L, 처리효율 약 96.0%로 확인되었다.

2. 각각 특성화된 반응조를 두어 체류시간을 줄일 수 있었으며, 짧은 체류시간에도 불구하고 제거율이 높다는 것을 알 수 있었다.

3. 질산화균 활성화조를 거치면서 유입하수의 70% 이상의 유기물을 제거하여 독립영양미생물은 질산화 박테리아의 활성을 높여, 빠른 시간에 질산화가 이루어짐을 알 수 있었다.

4. 생물학적으로 흡착된 유기물이 탈질조의 탄소원으로 사용된 이 공정은 Fig. 9에서와 같이 외부 탄소원의 주입 없이도 안정된 질소제거효율을 얻을 수 있었다. 질산화균 활성화조에서 흡착된 유입하수의 유기물을 이용하여 탈질이 성공적으로 이루어짐을 알 수 있었으며 이는 외부 탄소원을 사용하지 않음으로써 경제적인 측면도 기대되는 부분이다.

5. 인제거를 위해 별도의 약품주입공정을 사용하는 타공정과 비교하여 유지관리비를 절감하면서도 효율 면에서 뒤지지 않음을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

1. 황정기 (2000) Biosorption을 이용한 생활하수의 영양염류 제거, 서울산업대학교 산업대학원 환경공학과 석사학위 논문, pp. 70-95.
2. Andrews, J.F. (1971) Kinetic Models of Biological Waste Treatment Processes, Biotechnology and Bioengineering, Symposium NO. 2 John Wiley & Sons, Inc., New York.
3. Arora, A.F., E.F. Barth, and M.B. Umphres (1987) Evaluation of Activated Biofiltration and Activated Biofiltration/ Activated Sludge Technologies, *Journal WPCF*, 59(4).
4. Burdick, C.R., D.R. Reffling, and H.D. Stensel (1982) Advanced Biological Treatment to Achieve Nutrient Removal, *Journal WPCF*, 54(7).
5. Chuboba, P., Cassin, P. and Pujol, R. (1995) Industrial experiences with the utilization of powdered clay in activated sludge process. 25. Abwassertechnisches seminar "Additive in der Abwasserreinigung", TUM München, 6 April, No 122, pp. 71-85.
6. Ferhan, C., Ibrahim, E.G. (1995) Criteria for Nitrification and Denitrification of High-strength Wastes in Two Upflow Submerged Filter, *Water Env. Res.*, 67(2), pp. 132-142.
7. Jepsen, S.E., Laursen, K., La Cour Jensen, J. and Harremoes P. (1992) Denitrification in submerged filters of nitrified wastewater and chemical preprecipitated wastewater: Proceedings of the 5th Gothenburg Symposium. Nice Sept. 92, p. 373.