

## 간헐폭기식 활성슬러지 공법에 의한 질소, 인 제거

김동민 · 이영신

서울시립대 환경공학과

### Removal of N and P by Intermittented Aeration Activated Sludge Process

Dong Min Kim and Young Sin Lee

Seoul City University, Environmental Engineering

#### ABSTRACT

This study was made for enhanced removal of N and P by intermittented aeration Activated Sludge Process. Experiment were conducted to find the effects of aeration interval and nutrient removal efficiency. When applied aeration interval were 30~60 min, 2~4 h, 4~8 h, organic matter was not affected while phosphorous removal was aeration interval 30~60 min. Also, when applied mixing intensity were 15, 30, 45 and 60 rpm, organic matter was not affected while removal was maximum at 15 rpm. Total nitrogen and phosphorous removal were in the range of 76 and 85%. Density and MLSS of Sludge were in the range of 2.3~2.6 and 7198~7810 mg/l. Release of phosphorous from activated sludge under anaerobic condition was increased as pass time.

**Keywords :** Intermittented, mixing intensity, anaerobic condition

## I. 서 론

호수나 내수면의 수역에 부영양화의 문제점은 오래 동안 수질 보전상의 중요 과제이다. 이들 공공수역은 생활배수로 인한 유기질 및 영양물질(N, P) 등의 수질 오염이 큰 비중으로 대두되고 있는 바그의 처리 대책과 하수도 정비 등이 중요한 관점이다. 그러므로 건설 및 유지관리가 용이하고 안전한 소규모형의 하수처리 시설이 신기술의 개발과 함께 크게 진행되고 있다.

유기질 및 인, 질소의 제거 기술로써 혐기·호기 활성오니법을 이용한 폐수처리 공정이 개발되었으며<sup>1)</sup>, 소규모 하수처리 시설에 적합한 회분식 활성오니법(SBR)이 개발되었는데<sup>2)</sup> Fill-and-Draw식에 의해 오염물질의 처리와 고액분리가 시차적으로 이루어지도록 하는 공정으로써 이미 실용화 단계에 있다. 또한 SBR의 장점을 처리장의 구조적 변경없이 단속적으로 폭기시키는 SBR의 변법이라 할 수 있는 간헐폭기식 활성오니법<sup>3-6)</sup>이 연구되어 있다.

고도의 폐수처리를 가능하게 할 목적으로 개발된

이 방식은 폭기시간과 관련되어 활성오니 미생물의 서식환경을 제어하며 단일조 내에서 폭기, 비폭기를 반복함으로써 유기물의 분해와 폭기를 반복함으로써 유기물의 분해와 동시에 인, 질소제거가 이루어진다.

본 논문은 SBR의 변법인 간헐폭기식에 의한 활성오니법의 특성을 파악하기 위하여 폭기-비폭기시간(30~60분, 2~4시간, 4~8시간)과 혼합강도에 의한 유기물, 암모니아성 질소 및 인의 제거 효율 비교, 슬러지 특성 및 혐기성 소화시의 인방출에 관한 연구이다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 재료 및 방법

간헐폭기 방식에 의한 인제거 실험은 호기·혐기 조건 및 반응과 침전이 하나의 반응조에서 일어나도록 하기 위해 사각형 아크릴 수지 3조로 실험을 수행하였으며 장치는 Fig. 1과 같다.

실험은 3단계로 나누어 수행하였으며, 1단계에서는 ICEAS 방식시 폭기시간 및 간격에 따른 유기물

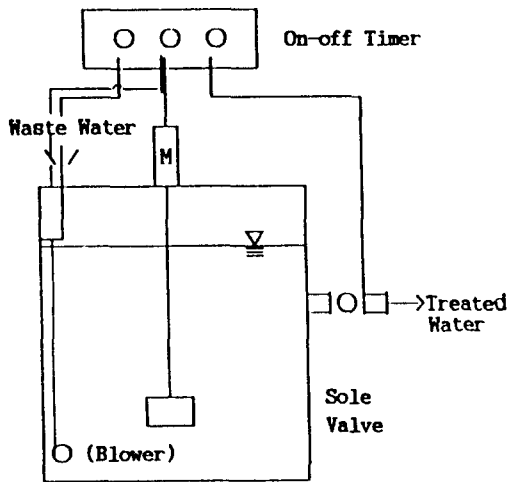


Fig. 1. Conceptual figure of device for model experiment.

Table 1. Composition of synthetic wastewater

Component	Concentration (mg/l)
Glucose	as COD : 500
NH <sub>4</sub> Cl	50
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	50
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.25
MgSO <sub>4</sub>	5
CaCl <sub>2</sub>	3.75
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	70.33
NaHCO <sub>3</sub>	200

Table 2. Concentration of artificial waste water

Parameter	Concentration (mg/l)
BOD	170
COD	500
NH <sub>3</sub> -N	21
T-N	30
T-P	10
pH	7

및 인제거를 조사하기 위해 폭기-비폭기시간을 30~60분, 2~4시간, 4~8시간 간격으로 24시간을 1 cycle로 하여 운전하였다.

2단계에서는 혼합강도에 의한 유기물 및 인제거 효율을 조사하기 위해 바닥에서 4 cm 위치에 12 cm \* 1.5 cm 크기의 패들형 임펠러를 설치하고 혼합강도 15, 30, 45, 60 rpm에서 실험하였다.

3단계에서는 폭기시간 및 혼합강도에 대한 경시 변화를 보았으며, 슬러지 특성 및 침전된 슬러지로

Table 3. Average quality of effluent water by RUN 1

폭기-비폭기	I	II	III
COD removal (%)	91.2	91	91.5
T-P removal (%)	72	57	61
pH	7.7	7.87	7.77

I : 30분 폭기, 60분 비폭기

II : 2시간 폭기, 4시간 비폭기

III : 4시간 폭기, 8시간 비폭기

부터 T-P의 재용출을 조사하기 위해 3l 혐기성조를 설치하여 조사하였다.

실험에서 사용된 폐수는 일반 가정하수의 성분과 비슷하게 하기 위해 탄소원으로는 glucose를 사용하여 Table 1, 2와 같이 사용하였고, 폐수 주입시 폐수의 pH가 저하되는 것을 방지하기 NaHCO<sub>3</sub>를 소량 주입하였다. 종균은 중량하수처리장의 폭기조 혼합액을 사용하였으며, COD 500 ppm으로 적응시켜 I, II, III의 각 반응조에 넣었다.

## 2. 운전 및 측정방법

본 연구에서 사용한 운전주기는 1시간 유입 60분 비폭기, 30분 폭기를 15회 반복한 후 30분 배수시켜 24시간을 1 cycle로 운전시켰다.

처리효율을 파악하기 위해 유출수의 분석은 정상 상태에 도달한 후 10일간 필요항목을 분석하여 그 값의 평균치를 구하였다. 한 주기 동안의 처리과정을 파악하기 위한 경시분석은 각 항목을 시간별로 측정하여 특정 운전 상태에서의 각 성분의 처리과정을 추적하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 폭기시간 및 간격에 관한 영향

간헐폭기식 슬러지법은 탈질과 인방출을 촉진시키기 위하여 산소의 유입을 억제하면서 반응조내의 혼합을 적절히 조절함으로써 제거 효율을 높일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 간헐적인 산소공급을 cycle별로 나누어 ON-OFF을 이용하여 30분 폭기, 60분 비폭기(30~60분), 2시간 폭기 4시간 비폭기(2~4시간), 4시간 폭기 8시간 비폭기(4~8시간)로 조절하였으며, 각 cycle에 따른 유기물 및 영양 염류의 제거 효율을 조사하였다.

Table 3은 정상 상태에서 간헐폭기 cycle에 따른 각 성분들의 평균제거 효율을 나타낸다.

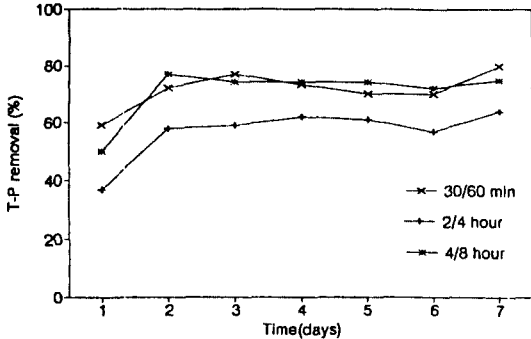


Fig. 2. Phosphorous removal by RUN 1.

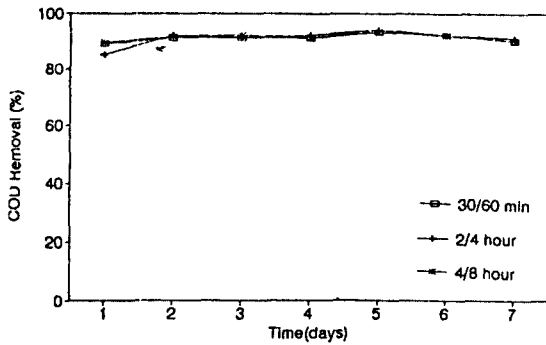


Fig. 3. COD removal by RUN 1.

Fig. 2, 3에서 COD 제거율은 97~99%로 간헐 폭기시간에 의해 크게 영향을 받지 않았으나 T-P는 30~60분에서 가장 좋은 제거효율을 보여주었다. COD 제거효율이 간헐 폭기시간에 의해 크게 영향을 받지 않은 것은 30~60분이 전체 폭기시간이 가장 짧으나 glucose의 소요량이 전체 cycle을 통해 충분히 제거되기 때문이다. 그러나 T-P의 제거는 30~60분이 최적 폭기시간으로 나타나고 있다.

생물학적 인제거의 중요한 인자는 혐기성 상태와 충분한 유기물 농도가 일정한 상태에서 Fig. 2에서와 같이 30~60분의 경우가 혐기성 상태를 유지하였으므로 인의 방출이 증가한 것으로 생각된다.

2. 혼합강도에 의한 영향

반응조의 혼합강도에 의한 탈질과 인방출의 영향을 파악하기 위해 30분 폭기 60분 비폭기상태에서 혼합강도가 각각 15, 30, 45 및 60 rpm 범위의 유기물, 영양염류의 제거효율 등을 조사하였다.

Fig. 5에서 혼합강도에 의한 COD 제거는 큰 차이가 없었다. COD 제거율이 혼합강도에 크게 영향을 받지 않는 이유는 여러 cycle을 통해 잔류 COD가

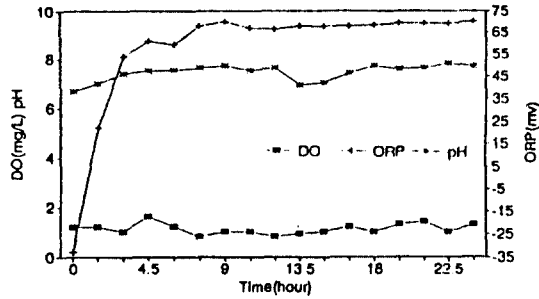


Fig. 4-1. Change of DO, ORP and pH in a treatment cycle 30~60 min.

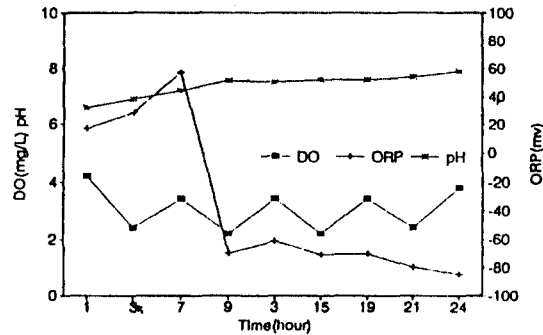


Fig. 4-2. Change of DO, ORP and pH in a treatment cycle 2~4 h.

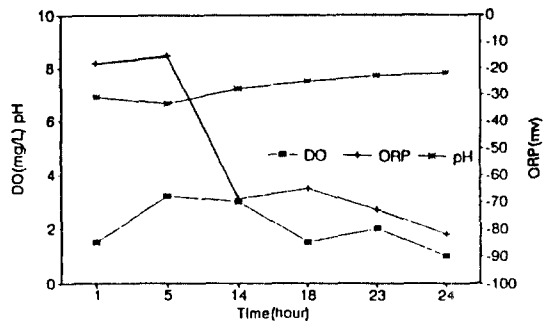


Fig. 4-3. Change of DO, ORP and pH in a treatment cycle 4~8 h.

Table 4. Average quality of effluent water by RUN 2

	I	II	III	IV
COD removal	90.6	91.4	89.6	91
T-P removal	85	82.3	79	76
pH	7.5	7.56	7.5	7.7

I : 15 rpm, II : 30 rpm, III : 45 rpm, IV : 60 rpm.

충분히 제거되었기 때문이다.

Fig. 6에서 T-P 제거의 경우 혼합강도가 증가함에

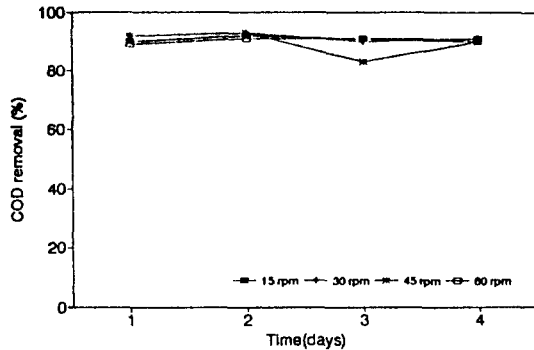


Fig. 5. COD removal by RUN 2.

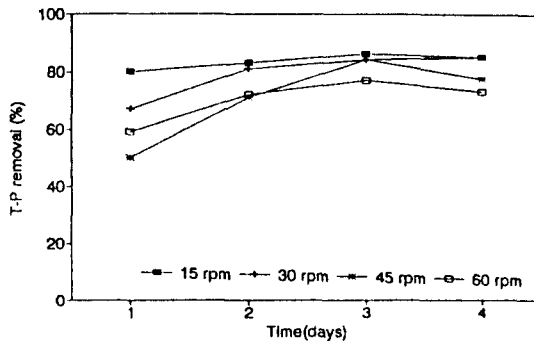


Fig. 6. Phosphorous removal by RUN 2,

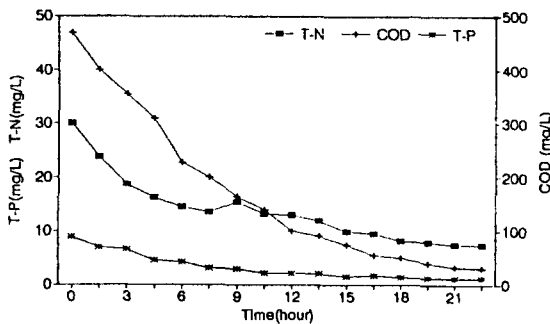


Fig. 7. Change of COD, T-P and T-N in a treatment cycle.

따라 감소하는 추세로 혼합강도 15 rpm에서 85% 제거율로 최적 혼합강도로 나타나고 있다.

이것은 인제거에 영향을 미치는 것들 중 낮은 DO조건에 의한 것으로 15 rpm인 경우 가장 낮은 DO농도 0.4로써 혐기성 조건으로 적당하여 인의 흡수가 높고 혐기기간 동안 인 방출 정도가 큰 상태로 유지되었기 때문이라고 생각된다.

3. 주기시간에 따른 수질변화

Table 5. Average quality of effluent water

		I
COD	inf. (mg/l)	500
	eff. (mg/l)	31~46
T-P	inf. (mg/l)	10
	eff. (mg/l)	1.4~4.0
NH <sub>3</sub> -N	inf. (mg/l)	50
	eff. (mg/l)	22
NO <sub>3</sub> -N	inf. (mg/l)	
	eff. (mg/l)	3.3~6.4
T-N	inf. (mg/l)	30
	eff. (mg/l)	9.25
pH	inf.	7.5
	eff.	7.1~7.9

Table 6. Specify of activated sludge

항 목	측정치
슬러지밀도	2.3~2.6
슬러지 MLSS	7198~7810 mg/l
슬러지 P 농도	104.92 mg/l

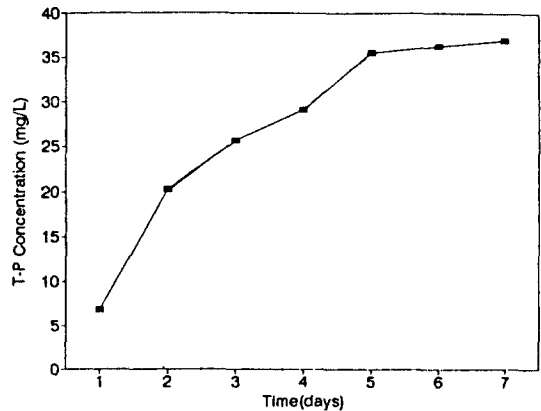


Fig. 8. Release of phosphorous from activated sludge under anaerobic condition.

Fig. 7은 24시간 1 cycle로 본 수질변화를 나타낸다. 각각의 성분이 폭기 비폭기 상태가 반복될수록 수질상태가 양호해지는 것을 볼 수 있다.

Table 5는 본 연구시 평균수질 상태이다.

IV. 활성슬러지의 특성

간헐폭기식 방법에 의한 활성슬러지 처리 중에는 슬러지를 빼내지 않았기 때문에 반응조의 MLSS는 1021~2410.5 mg/l 정도로 증가했다. 또한 슬러지의 MISS는 7810 mg/l로 증가했다. 활성슬러지의 특성

은 Table 6과 같다.

다음으로 혐기성 상태에서 오히려 T-P의 재용출 경향을 조사하기 위해 오히려 1000 ml를 채취하여 3l 혐기조에 주입한 후, 60 rpm으로 교반했으며 온도는 35°C로 고정하였다.

일정기간마다 혐기성조의 상등수를 채취하여 T-P를 분석하였다. Fig. 8은 시간이 경과함에 따라 혐기성 상태에서 인의 방출이 증가함을 나타내고 있다.

## V. 결 론

간헐폭기식 활성슬러지법에 의한 질소, 인제거의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 산소공급을 위한 시간간격은 30분 폭기 60분 비폭기가 인제거를 위한 최적 조건이다.
2. 혼합강도에 따른 영향은 15 rpm일 때가 제거 효율이 가장 좋게 나타났다.
3. 활성슬러지 밀도는 2.3, 2.6이고, MLSS는 7198, 7819 mg/l 범위였으며 슬러지내의 P농도는 104.92 mg/l였다.
4. 활성슬러지를 혐기성 처리한 결과 시간이 경과할수록 T-P의 방출농도가 증가하였다.

## 참고문헌

- 1) 井村正博, 鈴木榮一, “嫌氣·好氣回分式活性汚泥法による生活排水の高度處理”, 用水と廢水, 3(5).
- 2) Madan, L. Arora, Edwin, F. Barth and Margaret B. Limphres, “Technology Evaluation of Sequencing Batch Reactors”, *Jour. Water Pollution Control, Fed.* 57(8), 867-875 (1985).
- 3) Katsumi Moriyama, Kazuaki Sato and Y. Harada, “Renovation of an Extended Aeration Plant for Simultaneous Biological Removal of Nitrogen and Phosphorous Using Oxidic-Anaerobic-Oxidic Process”, *Wat. Sci. Tech.* 22(718), 61-68 (1990).
- 4) Hraj. Khararjlan and Paul Cardinal, “ICEAS(S) ADVANCED SEQUENCE BATCH REACTOR” 63rd Annual WPCF conference, pp. 197-207 (1990).
- 5) 山本康次, “間歇 曝氣式 活性汚泥法における處理の高度化と管理”, 用水と廢水, 33(10), (1990).
- 6) 清水建, 山本一郎, “制限曝氣式回分活性汚泥法による高度處理”, 用水と廢水, 29(4), (1987).

(Received September 6, 1992)