

알루미늄 부식을 적용한 활성슬러지법에서 질소 및 인 제거

최형일[†] · 정경훈 · 박상일 · 백계진*

조선대학교 공과대학 환경공학부, *광주광역시 보건환경연구소

Removal of Nitrogen and Phosphorus by Activated Sludge Process Combined with Aluminum Corrosion

Hyung Il Choi[†] · Kyung Hoon Cheong · Sang Il Park · Ke Jin Paik*

Division of Environmental Engineering, Chosun University
*Public Health and Environmental Institute of Gwangju City
(Received March 11, 2005; Accepted April 3, 2005)

ABSTRACT

A laboratory experiment was performed to investigate simultaneous removal of phosphorus and nitrogen from raw sewage by intermittently aerated activated sludge process packed with aluminum and silver plate. Two continuous experimental process, i.e. an intermittently aerated activated sludge process, and an intermittently aerated activated sludge process with an aluminum and silver plate packed into the reactor were compared. The pitting corrosion of aluminum does not affect the performance of the biological treatment. The amounts of Al eluted from aluminum plate 17 mg to 60.6 mg in this experimental conditions, and Al/P mole ratio were from 3.31 to 11.25. The total nitrogen removal efficiency in Run E were 60.6% at the HRT of 12 hours. The effluent PO₄-P concentration as low as 1.0 mg/l could have been obtained during the continuous experiment in Run E at HRT of 12 hours.

Keywords: phosphorus, nitrogen, aluminum corrosion, intermittently aerated activated sludge, Al/P mole ratio

I. 서 론

질소와 인과 같은 영양염류는 하천이나 호수에 유입 되면 부영양화를 유발시키며 수질을 떨어뜨리기 때문에 수질환경을 개선하기 위해서는 질소와 인 등의 영양염류를 제거할 수 있는 고도처리시설이 필요하다. 하폐수 중의 질소와 인을 제거하기 위한 방법으로는 물리화학적 처리방법과 생물학적 처리방법으로 대별할 수 있다.

생물학적 처리방법으로는 혐기호기법, 혐기무산소호기법, 연속회분식법 및 간헐폭기법 등이 개발되어 있으며 이들 방법은 물리화학적 처리방법에 비해 비용이 저렴하고 슬러지 발생량이 적은 반면에 제거효율이 유입수 성상에 따라 큰 영향을 받기 때문에 운전유지 관리에 많은 문제점이 있을 뿐만 아니라 아직도 해결해야

할 기술적인 문제가 있는 것으로 알려져 있다.¹⁾

물리화학적 처리방법은 비교적 공정이 간단하고 시설유지관리가 간편하며 처리효율에 대한 신뢰도가 높은 장점이 있으나 약품비용과 슬러지처분 비용의 높은 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 동시에 소규모 하폐수처리에 적합한 처리방법이 개발되고 있으며 특히 宮崎 등,²⁾ 伊 등,³⁾ 정 등^{4,5)}은 인 제거를 위한 알루미늄제의 전기분해, 황 등,⁶⁾ 森泉 등⁷⁾은 철제의 전기분해에 관한 연구를 수행하여 왔다. 그러나 알루미늄제나 철제를 전기분해시켜 인을 제거하는 경우에 전력비용의 증가와 운전관리의 어려움 때문에 최근에는 부식에 관한 연구도 진행되고 있다. 近藤 등⁸⁾은 폐알루미늄캔을 호기성여재로 사용하여 오수중의 인을 제거하였으며, 정 등⁹⁾ 역시 알루미늄판의 부식으로 발생한 알루미늄이온을 인 제거에 이용하였다. 이것은 이온화경향이 다른 금속을 염화물이 존재하는 수용액에 넣었을 때 일어나는 국부부식의 점부식 원리를 이용한 것이다. 이러한 원리를 이용하여 정 등⁹⁾은 합성폐수 중의 인을 제거하고 있으나 초보적인 단계에 머무르고 있을

[†]Corresponding author : Division of Environmental Engineering, Chosun University
Tel: 82-62-230-7152, Fax: 82-62-230-7152
E-mail : hichoi@mail.chosun.ac.kr

뿐만 아니라 활성슬러지 반응조를 조합한 연구 역시 미미한 실정이다. 한편, 질소와 인을 동시에 제거하기 위하여 생물학적 처리방법을 이용하여 왔으나 질소와 인 제거 메커니즘이 서로 상반되는 환경설정이 필요하기 때문에 반응장치가 복잡하거나 운전관리가 어려운 실정이다.¹⁰⁾

따라서 본 연구에서는 질소는 활성슬러지를 간헐폭기로 운전하여 제거하는 생물학적인 처리방법과 인은 이온화경향이 다른 이중금속(알루미늄판과 은판)을 첨가하였을 때 발생하는 알루미늄이온을 이용하여 제거하는 물리화학적 처리방법을 조합하여 하나의 반응조내에서 질소와 인의 동시제거에 관한 가능성을 검토하였다.

II. 연구방법

1. 회분식 실험

회분식 실험장치는 Fig. 1의 a와 같이 아크릴 수지로 제작하여 반응용량이 5 l인 반응조에 상업용으로 시판되고 있는 알루미늄판(세로 10 cm×가로 10 cm)과 은판(세로 3 cm×가로 5 cm)을 실험에 따라 일정 개수를 설치하였으며, 알루미늄판과 은판은 표면을 긁어 사용하였다. Run A는 알루미늄판과 은판을 첨가하지 않고 활성슬러지만을 넣어 운전하였으며 Run B는 활성슬러지와 동시에 알루미늄판과 은판을 넣어 운전하였다. 실험에 사용된 활성슬러지는 K 하수종말처리장의 반송슬러지를 사용하였으며, 폭기조의 MLSS 농도는 3,000 mg/l로 유지시켰고 반응조 내의 혼합과 공기 공급을 위하여 반응조 아래 부분에 공기 확산기를 설치하였다.

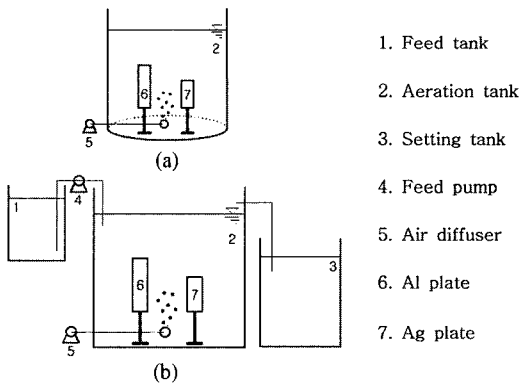


Fig. 1. Schematic diagram for the batch (A) and continuous (B) reactor combined with aluminum corrosion.

Table 1. Influent characters in this experiments

Item	Concentration (mg/l)
NaCl	0.08~0.10%
pH	7.5~8.5
SCOD	86.6~123.6 mg/l
T-P	12.8~18.8 mg/l
PO ₄ -P	6.9~10.2 mg/l
T-N	141.9~193.7 mg/l
NH ₄ -N	102.1~149.5 mg/l
NO ₃ -N	0.14~10.748 mg/l

2. 간헐폭기 중의 유기물, 질소 및 인 제거

연속식 실험장치는 Fig. 1의 b와 같이 아크릴 수지로 제작하였으며, 실험 용량은 5 l이고 각각의 반응조에는 활성슬러지(MLSS 농도 3,000 mg/l)를 첨가하였다. 알루미늄판과 은판을 첨가하지 않고 간헐폭기(폭기:비폭기=2:1)로 운영한 반응조 Run C, 연속폭기로 운영하고 알루미늄판(1200 cm²)과 은판(180 cm²)을 첨가한 반응조 Run D, 간헐폭기(폭기:비폭기=2:1)로 운영하고 알루미늄판(1200 cm²)과 은판(180 cm²)을 첨가한 반응조 Run E를 동시에 운전하였으며, 주입펌프를 이용하여 오수를 수리학적 체류시간 24시간으로 하여 점차 12시간 까지 감소시키면서 연속적으로 흘려보냈다.

3. 오수의 특성

본 실험에 사용한 오수는 교내 도서관에서 배출되는 오수를 사용하였으며 Table 1에 대상 오수의 성분 및 농도를 나타내었다.

4. 분석방법

실험에 사용된 분석항목(SCOD, T-P, PO₄-P, T-N, NH₃-N, NO₃-N)은 수질오염공정 시험법에¹¹⁾ 따라 분석하였으며 pH는 pH meter(TOA, pH HM-20S)를 사용하여 측정하였고, Al은 ICP(Inductively Coupled Plasma Emission, France, Jobin Yvon Co. JY 70Plus)를 사용하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 회분식 실험에서 알루미늄판과 은판의 첨가에 따른 영향

활성슬러지 반응조를 사용하여 반응조내에 알루미늄판(1200 cm²)과 은판(180 cm²)을 첨가하지 않은 경우 (Run A)와 첨가한 경우(Run B)의 COD와 질소 및 인 제거 변화를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Results of experiments in presence and absence the aluminium plate

		Influent	8 hrs	16 hrs	24 hrs	32 hrs	40 hrs	48 hrs
COD _{Mn} (mg/l)	Run A	97	72	47	12	-	-	-
	Run B	97	70	35	8	-	-	-
T-N (mg/l)	Run A	145.5	134	132.6	127.5	123	124	120.6
	Run B	145.5	140	136	133.7	128	128.6	127.2
NH ₃ -N (mg/l)	Run A	126.5	117.4	104	89.4	76	72	67.1
	Run B	126.5	117.4	101	80	73.4	71.3	65
NO ₃ -N (mg/l)	Run A	10	14.4	23.5	32.5	40.4	43.9	45.3
	Run B	10	14.7	27.2	33.5	40.5	44.7	46.8
T-P (mg/l)	Run A	9.8	9.5	9.3	9	8.7	8.57	8.07
	Run B	9.8	7.9	6.2	4.5	2.4	1.3	0.3
PO ₄ -P (mg/l)	Run A	5.9	5.8	5.6	5.3	5	4.7	4.6
	Run B	5.9	4.9	3.6	1.9	0	-	-

*Run A : aerated activate sludge without Al plate and Ag plate.

Run B : aerated activate sludge with Al plate (1200 cm²) and Ag plate (180 cm²).

실험초기 COD의 농도는 97 mg/l이며 Run A와 Run B 모두 시간이 경과함에 따라 감소하여 24시간째에는 각각 12 mg/l와 8 mg/l로 낮아졌다. NH₄-N도 점차 제거되어 48시간째에는 유입수 NH₄-N의 농도 126.5 mg/l가 Run A와 Run B 각각 67.1 mg/l와 65 mg/l로 47%와 49%의 제거율을 나타내었다. NH₄-N가 제거됨에 따라 NO₃-N의 농도가 증가되었으며, 48시간째에는 Run A와 Run B에서 각각 45.3 mg/l, 46.8 mg/l로 증가되었다. 한편, 인 제거에 있어서는 Run A인 경우 초기 PO₄-P의 농도 5.9 mg/l가 48시간이 지나도록 4.6

mg/l로 약 1.3 mg/l 정도만 제거되었으나 Run B인 경우에는 24시간째 1.9 mg/l까지 낮아졌고 32시간째에는 검출이 되지 않았다. 이와 같이 활성슬러지 반응조에 알루미늄판과 은판을 첨가하여도 유기물제거와 질산화에는 영향을 주지 않았으나 알루미늄판과 은판을 첨가하지 않으면 오수중의 인은 제거되지 않았다. 알루미늄판과 은판을 첨가하였을 때 인이 제거되는 것은 이미 정 등⁹⁾의 연구에서 보고된 바와 같이 알루미늄판에서 공식이 일어나 발생하는 알루미늄이온에 의해 오수중의 인과 반응하여 침전 제거된다. Fig. 2는 이러한 반응에 의하여 생성된 백색의 작은 부분과 구멍이 형성되는 과정을 나타낸 것이다.

2. A/P 물비의 추정

황산반토 또는 염화제이철 등의 무기 응집제를 사용하여 효율적으로 인을 제거하는 경우에 일반적으로 인 1에 대해 알루미늄이나 철 등의 금속이온 2~4 몰비가 필요한 것으로 알려져 있다.

본 실험에서는 실제 오수중의 인과 반응할 수 있는 알루미늄이온이 알루미늄판에서 부식으로 어느 정도 용출되는지를 조사하기 위한 것으로 은판 표면적과 알루미늄판 표면적에 따른 알루미늄 이온 용출량을 Table 3에 나타내었다. 유입수의 초기 PO₄-P 농도는 5.39~5.9 mg/l이며, 각각의 조건에서 반응 40시간째 알루미늄 용출량을 측정하였고 은판과 알루미늄판 표면적이 넓을수록 알루미늄 이온 용출량이 증가함을 알 수 있었다. 알루미늄 이온 용출량이 가장 낮은 농도인 알루미늄판 400 cm²일 때와 가장 높은 농도인 은판 360

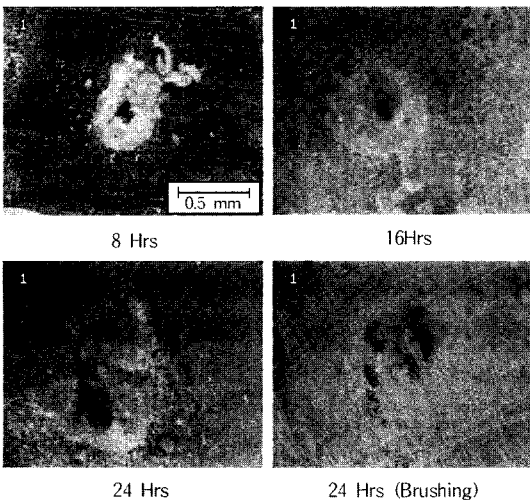


Fig. 2. Photographs of precipitates formed on the aluminium plate (Pitting corrosion).

Table 3. Amounts of Al eluted at various experimental conditions

	Al plate(cm ²) Ag plate(cm ²)				Al plate(cm ²) Ag plate(cm ²)		
	400 180	1200 180	2400 180	3600 180	90 1200	180 1200	3600 1200
Amounts of Al (mg/l)	17	21.3	28	36	18.1	33.9	60.6
Al/P mole ratio	3.31	4.14	5.45	7.0	3.36	6.29	11.25

cm²일 때 알루미늄 이온 용출량은 각각 17 mg(0.63 mmole)과 60.6 mg(2.25 mmole)이었다. 수중의 PO₄-P의 제거량은 각각 5.9 mg(0.19 mmole)과 5.39 mg(0.20)이므로 Al/P 몰비는 각각 3.31과 11.25가 된다. 이와 같이 회분식 반응조에 슬러지가 있는 상태에서 알루미늄판을 부식시키면 인과 반응할 수 있는 알루미늄 이온이 충분히 용출됨을 알 수 있었다.

3. 슬러지 발생량

본 실험은 회분식으로 은판의 표면적을 다르게 하였을 때 알루미늄 이온 증가량에 따른 슬러지 발생량을 조사한 것으로서 Fig. 3에 나타내었다. 알루미늄판과 은판을 첨가하지 않은 활성슬러지만을 운전한 경우를 대조군으로 하였으며, 각 반응조에서 MLSS와 MLFSS (Mixed Liquor Fixed Suspended Solids)의 초기 농도는 각각 3000 mg/l와 830 mg/l이었다.

반응시간에 따라 반응조내의 MLSS와 MLFSS가 증가하였으며 반응시간 40시간에서 MLSS인 경우 대조군은 0.6% 정도 증가한 반면 은판의 표면적을 90, 180, 360 cm²를 첨가한 경우에는 각각 4.5%, 12%, 19.5%

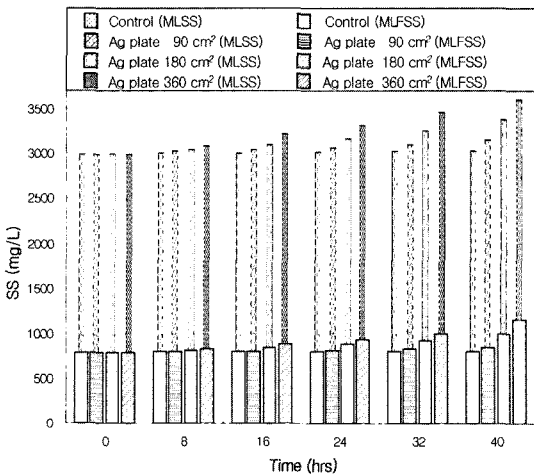


Fig. 3. Variation of SS with surface area of Ag plate.

증가하였다. MLFSS인 경우에는 대조군이 약 0.9% 정도 증가하였으나 은판의 표면적을 90, 180, 360 cm²를 첨가한 경우에는 5.3%(834.8 mg/l), 25.9%(998.4 mg/l), 45.7%(1155.5 mg/l)로 은판면적이 넓을수록 MLFSS가 많이 증가하였다. 반응조내의 MLFSS가 증가하는 것은 알루미늄판에서 알루미늄이온이 많이 용출되어 실제 오수중의 인과 반응하여 침전하거나 또는 반응에 남은 알루미늄이 수산화알루미늄으로 침전하기 때문인 것으로 사료된다. 伊 등³⁾도 알루미늄 접촉제를 사용하여 전기분해할 때 슬러지가 증가하였으며 슬러지의 증가 원인은 인산알루미늄과 수산화알루미늄이 생성되기 때문으로 보고한 바 있다.

4. 간헐폭기 중의 유기물, 질소 및 인 제거

실제 오수를 실험실에 반입하여 간헐폭기로 운전하여 처리할 때 유기물과 질소성분은 활성슬러지를 이용하여 제거하고 인 성분은 알루미늄의 부식으로 발생하는

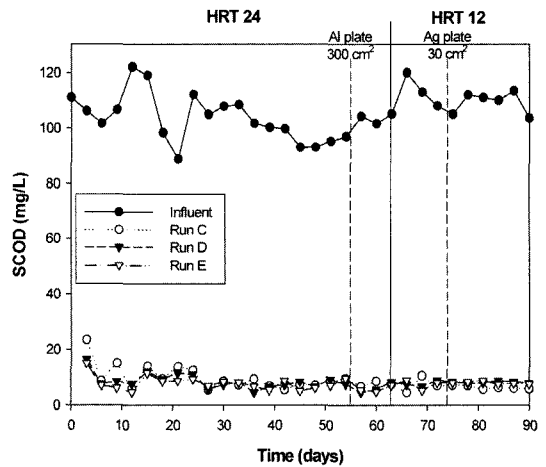


Fig. 4. Variation of SCOD_{Min} concentrations in Run C, D and E. Run C : intermittent aeration without Al plate and Ag plate, Run D : continuous aeration with Al plate and Ag plate, Run E : intermittent aeration with Al plate and Ag plate.

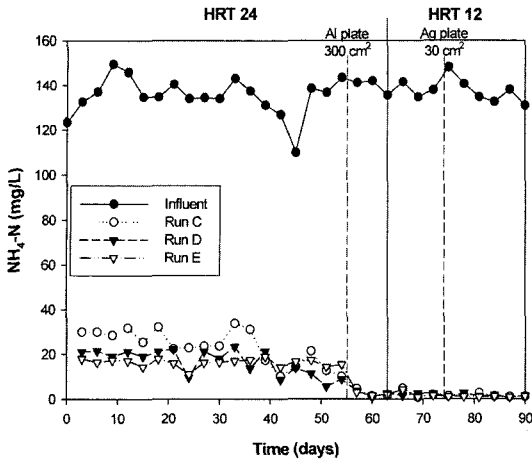


Fig. 5. Variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations in Run C, D and E. Run C : intermittent aeration without Al plate and Ag plate, Run D : continuous aeration with Al plate and Ag plate, Run E : intermittent aeration with Al plate and Ag plate.

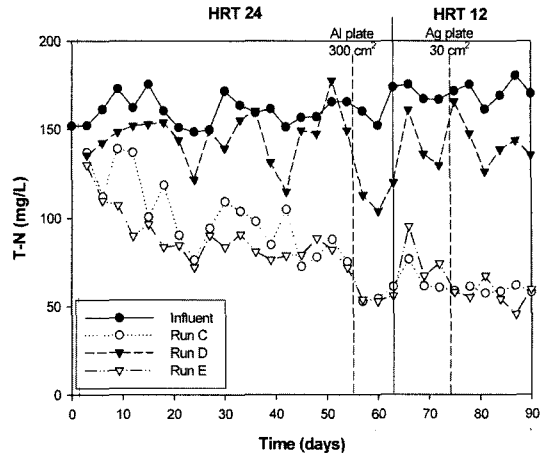


Fig. 7. Variation of T-N concentrations in Run C, D and E. Run C : intermittent aeration without Al plate and Ag plate, Run D : continuous aeration with Al plate and Ag plate, Run E : intermittent aeration with Al plate and Ag plate.

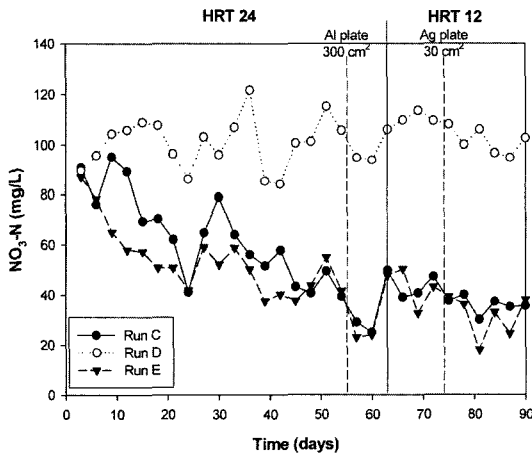


Fig. 6. Variation of $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in Run C, D and E. Run C : intermittent aeration without Al plate and Ag plate, Run D : continuous aeration with Al plate and Ag plate, Run E : intermittent aeration with Al plate and Ag plate.

알루미늄 이온과의 반응으로 제거할 목적으로 본 실험을 수행하였다.

Fig. 4에 각각의 반응조에 있어서 Soluble COD (SCOD) 변화를 나타내었다. 유입수 SCOD의 평균농도는 104.8 mg/l(86.6~123.6 mg/l)이며, 각 반응조 Run C, Run D와 Run E의 HRT 24시간에서 유출수 SCOD의 평균제거율은 각각 90.9%, 92.4% 및 92.7%이었으며 HRT 12시간에는 93.7%, 89.2% 및 89.5%

로 각 반응조 유출수 SCOD의 농도가 10.5~4.45 mg/l로 처리되었다. 이와 같이 반응조의 활성슬러지를 연속적으로 폭기하던지, 간헐적으로 폭기하던지 또는 알루미늄판이나 은판을 첨가하거나 첨가하지 않더라도 실제 오수중의 COD를 제거하는 데에는 별다른 영향이 없음을 알 수 있었다.

Fig. 5에는 각 반응조에 있어서의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 변화를 나타내었다. 유입수 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 평균농도는 136.8 mg/l (102.1~149.5 mg/l)이며, 각 반응조 Run C, Run D, Run E의 HRT 24시간에서 유출수 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 평균농도는 각각 21.2 mg/l, 16.3 mg/l, 15.5 mg/l로 평균 제거율은 84.5%, 88.1%, 88.7%이었다. HRT를 12시간으로 하였을 때 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 평균 제거율은 98.6%, 98.8%, 98.9%로 HRT 24시간일 때 보다 $\text{NH}_4\text{-N}$ 제거율이 상승하였으며 이것은 반응시간이 경과할수록 질산화가 충분히 반응조에서 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 마찬가지로 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 제거변화에는 연속폭기나 간헐폭기 관계없이 또는 알루미늄판과 은판의 첨가유무에 관계없이 잘 제거됨을 알 수 있었다.

Fig. 6에는 각 반응조에 있어서의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 변화를 나타내었다. 연속폭기로 운전한 Run D인 경우에는 HRT 24시간이나 HRT 12시간에서 꾸준히 $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 생성되었으며 생성된 평균농도는 각각 96.8 mg/l, 104 mg/l이었다. 한편 간헐폭기로 운전한 Run C와 Run E에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 감소하는 추세를 보이고 있으며 이에 따라 Fig. 7에서와 같이 유출수 T-N 농도 역시 낮아지는

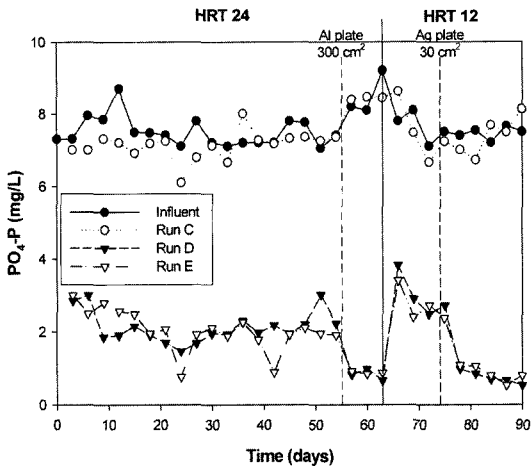


Fig. 8. Variation of $PO_4\text{-P}$ concentrations in Run C, D and E. Run C : intermittent aeration without Al plate and Ag plate, Run D : continuous aeration with Al plate and Ag plate, Run E : intermittent aeration with Al plate and Ag plate.

경향을 나타내고 있다. 이것은 간헐폭기로 운전하였을 때 실제 오수중의 질소가 탈질에 의해 제거되기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 7에는 각 반응조의 유출수 T-N의 변화를 나타내었다. 연속폭기로 운전한 Run D의 경우에는 생성된 $NO_3\text{-N}$ 가 탈질이 이루어지지 않아 T-N가 거의 제거되지 않았으나 간헐폭기로 운전한 Run C와 Run E의 경우에는 실험기간이 경과함에 따라 점차적으로 유출수 T-N이 낮아지는 경향을 보였다. HRT 12시간에서의 T-N의 평균 제거율은 Run C와 Run E의 경우 각각 60.9%와 60.6%로써 알루미늄판과 은판을 첨가하더라도 탈질에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 보다 효율적인 질소제거를 위해서는 폭기와 비폭기의 비율, C/N비 등의 운전조건에 대해 좀 더 연구할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Fig. 8에는 Run C와 Run D 및 Run E의 $PO_4\text{-P}$ 제거 변화를 나타내었고 유입수 $PO_4\text{-P}$ 의 평균농도는 7.71 mg/l ($6.9\sim 10.2\text{ mg/l}$)이다. 알루미늄판과 은판을 첨가하지 않고 간헐폭기로 활성슬러지를 운전한 Run C인 경우 수리학적체류시간에 관계없이 $PO_4\text{-P}$ 의 평균 제거율은 5.0%(유출수 평균농도 7.33 mg/l)이었다. 반응조에 알루미늄판과 은판을 첨가한 Run D(연속폭기)와 Run E(간헐폭기)의 경우에는 HRT 24시간에서 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 평균농도는 각각 1.9 mg/l , 2.0 mg/l 이었다. 실험 55일째 Run D와 Run E 모두 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 농도를 낮추기 위하여 알루미늄판 300 cm^2 를 추가로 첨

가하였으며 알루미늄판 첨가로 인해 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 평균농도는 0.86 mg/l 정도를 유지하였으나 실험 63일째 HRT를 12시간으로 감소시킴에 따라 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 농도가 3 mg/l 까지 증가하였다. 실험 73일째에는 은판 30 cm^2 를 더 첨가하였으며 은판의 첨가로 인해 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 평균농도는 0.83 mg/l 까지 떨어져 유지되었다.

이와 같이 본 실험의 간헐폭기(폭기/비폭기=2/1)만으로는 실제 오수중의 인을 거의 제거할 수 없었으나 인 제거만을 대상으로 하는 경우에는 연속폭기든지 간헐폭기든지 반응조내에 알루미늄판과 은판을 첨가하는 것이 타당할 것으로 사료된다. 5l 반응조를 기준으로 HRT 12시간에서 실제 오수중의 인을 제거하기 위해서는 알루미늄판 1550 cm^2 , 은판 210 cm^2 이 되도록 첨가하면 유출수 $PO_4\text{-P}$ 의 농도를 1 mg/l 이하가 되도록 제거할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 활성슬러지 반응조내에 알루미늄판이나 은판을 첨가하여 간헐폭기로 운전하면 COD나 질소제거 뿐만 아니라 인의 동시제거가 가능할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

수중에서 알루미늄과 은의 극부부식으로 발생하는 알루미늄이온을 이용하여 오수 중의 인을 제거하기 위한 회분식 실험과 연속식 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 활성슬러지 반응조에 알루미늄판과 은판을 첨가하여도 유기물제거와 질산화에는 영향을 주지 않았으며 알루미늄판 표면에서는 부식에 의하여 생성된 백색의 작은 부분과 구멍이 형성되는 것을 관찰할 수 있었다.
- 2) 알루미늄 이온 용출량이 가장 낮은 농도인 알루미늄판 400 cm^2 일 때와 가장 높은 농도인 은판 360 cm^2 일 때 Al/P 몰비는 각각 3.31과 11.25로 활성슬러지 반응조에서 알루미늄판을 부식시키면 인과 반응할 수 있는 알루미늄 이온이 충분히 용출됨을 알 수 있었다.
- 3) 반응시간에 따라 반응조내의 MLSS와 MLFSS가 증가하였으며 반응시간 40시간에서 MLFSS인 경우에는 대조군이 약 0.9% 정도 증가하였으나 은판의 표면적을 90, 180, 360 cm^2 를 첨가한 경우에는 5.3% (834.8 mg/l), 25.9% (998.4 mg/l), 45.7% (1155.5 mg/l)로 은판면적이 넓을수록 MLFSS가 증가하였다.
- 4) HRT 12시간에서의 T-N의 평균 제거율은 간헐폭기로 활성슬러지를 운전한(Run C와 Run E) 경우 각각 60.9%와 60.6%로써 알루미늄판과 은판을 첨가하더라도 탈질에는 크게 영향을 미치지 않았으며, HRT 12

시간에서 실제 오수중의 인을 제거하기 위해서는 알루미늄판 1550 cm², 은판 210 cm²이 되도록 첨가하면 유출수 PO₄-P의 농도를 1 mg/l 이하가 되도록 제거할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 조선대학교 교내학술 연구비의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 하준소, 최의소 : 하수처리장에서 화학적 응집을 이용한 인처리 개선에 따른 약품 슬러지의 특성에 관한 연구. 한국폐기물학회지, **4**(6), 597-603, 1997.
2. 宮崎 清, 吉村 廣, 山本淳, 近藤基一 : 電氣分解を利用したリンの高度除去. 資源環境對策, **29**(11), 1044-1056, 1993.
3. 伊 亨, 吉野常夫 大野 茂, 關 幸雄 : アルミニウム接觸材を用いた小型合併處理淨化槽の處理性能. 用水と廢水, **38**(9), 24-32, 1996.
4. 정경훈, 최형일, 정오진, 최칠남, 정재경 : 알루미늄의 전기분해를 이용한 인 제거. 한국환경과학회지, **9**, 95-99, 2000.
5. 정경훈, 최형일, 정오진 : 알루미늄의 전기분해를 이용한 오수중의 인 제거. 한국환경위생학회지, **25**(3), 70-76, 1999.
6. 황규대, 김민호, 조철휘 : 철의 전기분해를 이용한 활성슬러지 공정에서 돈사폐수의 인 제거 및 질산화. 대한환경공학회지, **19**(10), 1333-1344, 1997.
7. 森泉雅貴, 見島伊織, 鈴木元治 : 中島 淳, 鐵電解法の活性汚泥處理への適用. 水環境學會誌, **26**(9), 589-594, 2003.
8. 近藤基一, 山本淳, 熊成一男, 松永和義, 森忠繁 : 廢アルミニウムを接觸材として用いたリン除去に關する基礎的實驗. 淨化槽研究, **4**(2), 15-21, 1992.
9. 정경훈, 최형일, 정오진 : 알루미늄부식을 조합한 간헐 폭기법에 의한 합성폐수 중의 인 및 질소 제거. 한국환경위생학회지, **27**(3), 99-106, 2001.
10. 박태진, 이정민, 송경석, 조일형, 김영규, 정문호 : A₂O 공정에서의 섬모상 단체 사용 유무에 따른 하수의 질소인 제거에 관한 연구. 한국환경위생학회지, **26**(3), 69-75, 2000.
11. 김종택 : 수질오염공정시험법 해설. 신평출판사, 서울, 174-282, 1999.