

## 알루미늄의 전기분해를 이용한 오수 중의 인 제거

정경훈 · 최형일 · 정오진  
조선대학교 환경공학부

### Phosphorus Removal from Domestic Sewage by Electrolysis with Aluminium Electrodes

Kyung Hoon Cheong, Hyung Il Choi and Oh Jin Jung

Division of Environmental Engineering, Chosun University, Kwang-ju 501-759, Korea

#### ABSTRACT

A laboratory experiment was performed to investigate the phosphorus removal using the activated sludge-electrolysis reactor which consisted of A<sup>2</sup>/O system and aluminium electrodes as cathode and anode. In this system, the phosphorus was removed by aluminium ion, which was eluted from aluminium electrodes by electrolysis. In the batch experiments, when the current densities were 0.026, 0.052 and 0.08 A/dm<sup>2</sup>, the phosphorus removal efficiencies for synthetic sewage were 66.4, 86.4 and 98.7% respectively. These results showed that the phosphorus removal efficiency increased with the increase of the current density. When the current values were 13, 26 and 40 mA respectively, the amounts of Al<sup>3+</sup> eluted from electrodes according to Faraday's law were 0.049, 0.07 and 0.12 g and Al/P mole ratio were 1.1, 2.0 and 3.41. In the continuous experiments, As hydraulic retention time(HRT) increased, COD and total nitrogen(T-N) removal efficiencies for domestic sewage increased. The average phosphorus removal rates of the activated sludge-electrolysis system were 97, 91, 80 and 80% at the HRT of 48, 24, 18 and 12 hours, respectively. Especially, the phosphorus removal rate in the activated sludge system with aluminium electrodes was higher than that in the system without aluminium electrodes.

**Keywords** : Phosphorus removal, Electrolysis, Aluminium electrodes

#### I. 서 론

최근의 수질오염은 생활하수에서 기인하는 오염 부하율이 높고, 호소 내만 등의 폐쇄성 수역이나 대도시를 흐르고 있는 중·소하천 등에서도 오염물질이 대량으로 유입되어 부영양화 현상이 발생하는 등 수질오염이 심화되고 있으며 이에 따라 용수로의 이용가치가 크게 손상되는 곳도 있다.

생활하수 처리대책의 하나로서 분뇨와 생활 잡배수를 같이 처리하는 오수정화시설과 합병처리 정화조를 들 수 있으나, 수질오염이 활발하게 진행되고 있는 하천이나 호소 내만 등에서는 현재의 수질 규제치인 BOD, COD의 저감대책만으로는 수질환경을 개선하기가 어렵기 때문에 질소와 인 등의 영양염을 제거할 수 있는 고도처리 시설이 필요하다.<sup>1,3)</sup> 소규모 처리시설의 고도화를 위해서는 유량조정기능을 덧붙인다든지 또는 혐기여상 생물여과법, 혐기·호기 순환 여상법 등의 다양한 처리 프로세스가 여러 연구자들에 의해 연구 개

발되어 BOD, SS 및 질소 제거율을 향상시켰으며, 특히 최근에는 질산화 순환형의 생물학적 탈질법을 응용한 연구가 진행되는 등 생물학적 탈질소 기술이 확립되어 있다고 볼 수도 있다.<sup>4,7)</sup> 한편, 인 제거에 있어서는 응집 침전법, 생물학적 탈인법, 정석법, 이온교환법, 흡착법 등이 있지만 현재 가장 널리 이용되고 있는 것은 생물학적 탈인법과 알루미늄 및 철염에 의한 응집 침전법이다. 이 방법은 대·중규모의 하, 폐수처리에는 적합하지만 시설비, 슬러지량의 증가와 그 처분 등에 의한 유지관리비의 부담이 크다.<sup>8)</sup>

이러한 문제점을 해결하기 위해서 소규모 오수처리시설에 적합한 인 제거 기술로서 응집제 성분인 알루미늄 재나 철재를 이용한 연구 개발이 이루어지고 있다.<sup>9-15)</sup> 이러한 연구는 기본적으로 Al 및 철의 응집 침전법과 같은 메카니즘으로 되어 있다. 즉 전극으로써 알루미늄 및 철재를 사용하여 전기분해시키면 알루미늄재 및 철재로부터 알루미늄 이온과 철 이온이 용출된다. 용출된 알루미늄과 철 이온은 수중의 인과 반응하게 되며 이

때 오수 중의 인이 응집침전이나 흡착 등에 의해 제거되는 메카니즘이다.

전기화학적 방법을 폐수처리 연구에 적용한 사례를 보면, Grøterud와 Smoczyński<sup>9)</sup> 및 宮崎 등<sup>10)</sup>은 전해법으로 인을 제거하기 위하여 철판 및 알루미늄 판을 이용한 실험에서 알루미늄 판을 전극으로 사용하였을 때 인 제거율이 향상되었음을 보고하였고, 伊與等<sup>11,12)</sup>은 알루미늄 접촉재를 합병처리정화조에 설치하였을 때 합성수지 및 실제 하수 중의 인이 효율적으로 제거됨을 보고하였다. 황 등<sup>15)</sup>은 철 전극을 이용한 전기분해를 통하여 오·폐수 중의 질소와 인의 제거에 대하여 검토한 바 있으나, 국내에서의 알루미늄전극을 이용한 전기분해에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 활성슬러지 반응조의 폭기조에 알루미늄 전극을 설치한 반응조를 사용하여 먼저 합성오수를 이용한 회분식 실험에서 전기밀도에 따른 인 제거율을 조사하였으며, 또한 실제오수를 사용하여 연속식으로 HRT에 따른 유기물과 질소 및 인 제거에 대하여 검토하였다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 실험장치

#### 1) 회분식 실험장치

회분식 실험장치의 개요는 Fig. 1과 같다. 반응조는 폭기조와 침전조로 구성되어 있으며 각각의 용량은 5 l 와 1 l 이고, 폭기조에는 알루미늄판을 전극으로 하는 전기분해장치를 설치하였다. 전원은 220 V를 사용하여 여기에 정전압 조절계, 다이오드, 콘덴서 등을 조합(이하, 교류직류 변환기)하여 교류를 직류로 변환시킨 다음 알루미늄판에 직류전류를 흘려 보냈다. 전압과 전류의 세

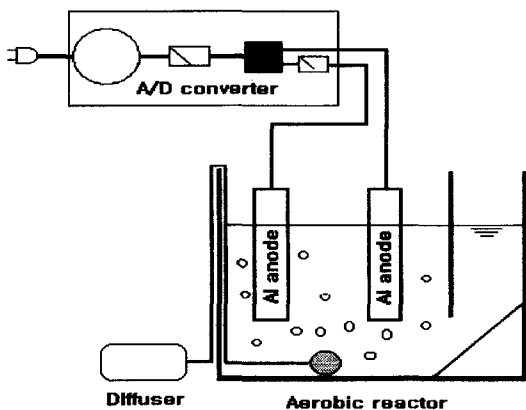


Fig. 1. Schematic diagram of the batch reactor.

기는 전압계(TMI, M-830B 디지털형)와 전류계(Samjin SM-80, Class 2.50~200 mA, 아날로그형)를 사용하여 정전압 및 정전류가 유지되도록 하였으며 또한 수동으로 전압을 조절하였다.

전기분해 반응의 전극으로는 양극과 음극 모두 알루미늄판을 사용하였고, 알루미늄판은 일반 상업용으로 시판되는 것으로서 크기는 5×10 cm이며, 두께는 2 mm 이다. 전극간의 거리는 4cm가 되도록 하였다.

또한 폭기조에는 공기확산기를 설치하여 활성슬러지에 필요한 산소공급과 동시에 알루미늄 이온과 인산염의 침착이 원활히 일어나도록 충분히 폭기하였다.

#### 2) 연속식 실험장치

알루미늄 전기분해를 이용한 연속식 활성슬러지 반응조의 개요는 Fig. 2와 같다. 반응장치는 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 A/O법을 채용하였다. 본 실험은 2개의 반응조를 운전하였다. 각각의 반응조는 칸막이를 설치하여 Anoxic 1, 2조와 폭기조(전해조) 및 침전조의 순서로 배열하였다. 반응장치의 용량은 각각 15 l, 10 l, 12 l, 3 l로서 전체용량은 40 l이다. Anoxic조에는 활성슬러지 농도를 높이기 위하여 Polyvinylidene Chloride로 된 HBC를 겔보기 부피로 30~40%로 충전하였다.

폭기조에는 전극으로 양극과 음극 모두 알루미늄판(가로 10 cm×세로 15 cm)을 설치하였으며 전극사이의 간격은 10 cm로 하였다. 전기분해 장치의 구조는 Fig. 1의 회분식 실험장치에 설치된 것과 동일하다. 또한 알루미늄판은 산화피막을 형성하면 전기분해 효율이 감소하기 때문에 그 효율성을 증가시켜 주기 위하여 교류직류 변환기에 릴레이와 타이머를 조합하여 극성을 바꿔주었다. 극성전환의 주기는 1일로 하였다. 폭기조의 용존산소 공급은 공기압축기(air compressor)에 의한 미세 산기관을 사용하였다. 실험은 25±2°C의 항온실에서 수행하였다.

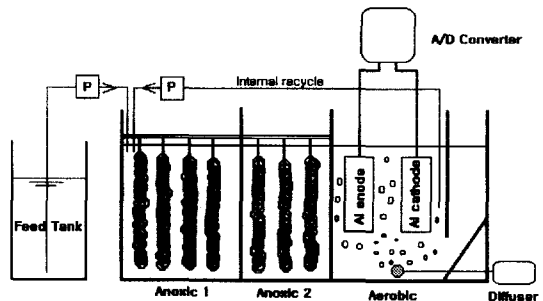


Fig. 2. Schematic diagram of the continuous reactor.

**2. 실험방법**

1) 회분식 실험

회분식 실험은 전류값에 따른 인 제거율을 구하기 위한 실험으로서 전류량을 각각 13 mA, 26 mA, 40 mA로 설정하였으며, 이 때의 전류밀도는 각각 0.013, 0.026, 0.04 A/dm<sup>2</sup>이다. 폭기조의 활성슬러지 농도는 약 3500 mg/l이 되도록 조절하였으며, Table 1의 인공폐수를 주입하여 8시간 반응시켰다. 인공폐수 중의 인 농도는 PO<sub>4</sub>-P로서 8 mg/l이 되도록 조절하였다. 대조실험으로서 전기분해 장치를 설치하지 않은 실험도 수행하였다.

2) 연속식 실험

실험은 전기분해 장치를 설치하지 않은 대조군(Run A)과 알루미늄판 전기분해장치를 설치한 Run B를 동시에 운전하였다. 반응조의 HRT는 각각 48, 24, 12, 18 시간으로 변화시켰다. 전류량은 HRT에 따라 A/P 몰비가 약 2배가 되도록 설정하였으며, 순환비는 3으로 하여 운전하였다. 또한 본 실험에 사용한 하수는 전남 화순지역 B산업에서 발생하는 생활오수와 수세식 화장실에서 나온 배출수를 1 : 1로 혼합한 것으로서 혼합하수의 성상은 Table 2와 같고 유기물질 농도에 비해 T-N농도가 높은 것이 특징이다. T-P는 평균 9.9 mg/l이다.

3) 공시 활성 슬러지

회분식 및 연속식 실험에 사용한 활성 슬러지는 K 하수 종말처리장의 반송슬러지를 실험실내에 반입하여 1개월간 질소성분이 함유된 인공폐수로 순환시킨 후 실험에 사용하였다.

**3. 분석방법**

분석항목은 pH, COD<sub>Mn</sub>, T-N, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P이며, 이와 같은 분석항목은 수질오염공정시험법<sup>16)</sup>에 준하여 실시하였다.

**III. 결과 및 고찰**

**1. 전류밀도에 따른 인 제거율**

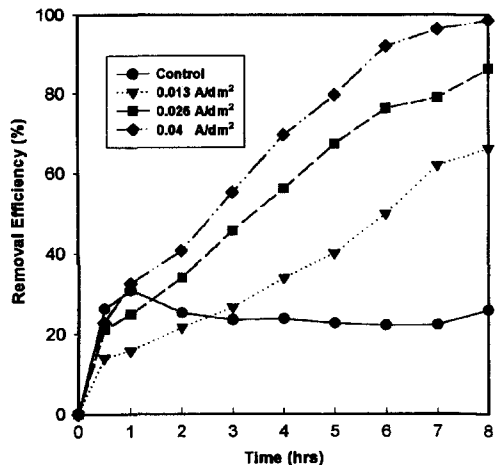
알루미늄 전극을 사용하여 전기분해 시킬 때에는 적절한 전기량이 필요하다. 흘러 보내는 전기량이 부족하면 알루미늄판으로부터 알루미늄 이온의 용출량이 적어서 인 제거율이 감소하고 반대로 과다하면 알루미늄 이온 용출량이 증가하여 인 제거율은 높지만 소비 전력량이 증대할 뿐만 아니라 슬러지 발생량이 증대되어 반응조의 유지관리상 또는 경제적인 면에서 볼 때 바람직하지 않을 것으로 예상된다. 따라서 본 실험에서는 반응조의 인을 제거하는데 필요한 최적 전류밀도가 어느 정도인지를 검토하였다. 인 제거에 대한 최적 전류밀도를 결정하기 위해서 외부 전류를 13 mA, 26 mA, 40 mA로 증가시킨 후 전기분해한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 본 실험은 회분식으로 수행하였다. 전류밀도 0.013 A/dm<sup>2</sup>에서 8시간 동안 전기분해한 결과, 반응조의 인(8 mg/l)은 약 98.7% 제거되었으며, 전류밀도

**Table 1.** Composition of synthetic wastewater

Component	Concentration (mg/l)
Glucose	187.67
NH <sub>4</sub> Cl	229.24
KNO <sub>3</sub>	14.43
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	35.12
NaHCO <sub>3</sub>	250
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	2
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	50
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	37.5
NaCl	37.5

**Table 2.** Characteristics of domestic wastewater used in this experiment (unit : mg/l)

Constituents	Range	Average
pH	6.9~7.8	7.5
BOD	87.4~289.5	173
COD	101.1~257	182.3
T-N	42.4~181.4	126.8
NH <sub>3</sub> -N	28.2~118	50.2
NO <sub>3</sub> -N	0.3~3.3	1.2
T-P	3.8~17.6	9.9
PO <sub>4</sub> -P	2.1~15.1	7.2



**Fig. 3.** Effect of current density on the PO<sub>4</sub>-P removal efficiency.

0.026 A/dm<sup>2</sup>과 0.04 A/dm<sup>2</sup>에서는 각각 86.4%와 66.4%가 제거되어, 전류밀도가 증가함에 따라 인 제거율이 높았다. 이것은 박 등<sup>17)</sup>의 보고에서와 같이 전류밀도가 증가하면 전극에서 알루미늄 이온의 용출량이 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 한편 전류를 부하함으로써 알루미늄판으로부터 용출되는 알루미늄 이온의 이론적인 양은 다음의 Faraday's law에 의해 산출할 수 있다.

$$W = \frac{A \times t \times M}{F \times n}$$

여기에서 W : 용출 이온량

t : 시간 (s)

I : 전류 (A)

M : 원자량

n : 전자수

F : 패라데이정수 (96487(A/S))

알루미늄의 경우 원자량은 27, 전자수는 3이다. 전류량 13 mA에서 8시간 반응시켰을 때 알루미늄의 용출량은 식 (1)에 대입하여 구해보면 0.049 g(1.4 mmol)이 된다.

본 실험에서의 인 부하는 40 mg(1.29 mmol)이며, 알루미늄과 인이 등량 결합한다고 가정하면 약 1.29 mmol의 알루미늄이 용출되어야 한다고 추측할 수 있다. 13 mA에서의 A/I/P 몰비는 약 1.1(1.4/1.29)이다. 같은 방법으로 전류량 26 mA와 40 mA에서의 알루미늄 용출량은 각각 0.07 g(2.57 mmol)과 0.12 g(4.4 mmol)이 되며 이들 알루미늄 용출량과 인과의 몰비는 각각 약 2.0과 3.4이다. 이와 같이 이론적인 A/I/P 몰비가 약 1.1 일 때에는 인 제거율이 약 66.4% 정도로 낮으나, A/I/P가 2 이상일 때에는 제거율이 86.4%로 향상됨을 알 수 있다. 황산반토나 염화 제2철 등의 무기응집제를 사용하여 효율적으로 인을 제거하는 경우에는 일반적으로 인 1몰에 대하여 알루미늄이나 철 등의 금속이온 2~4몰이 필요하다고 한다. 伊與 등<sup>12,14)</sup>은 인 1몰에 대하여 알루미늄이 2~4몰 정도 되도록 설정하였을 때 90% 이상의 인이 제거되었으며, 宮崎 등<sup>10)</sup>도 인을 제거하기 위하여 필요한 전기량은 인공배수를 사용한 경우 이론값과 비교하여 4배, 분뇨정화조 배수에서는 9배 정도임을 보고한 바 있다.

이와 같이 알루미늄판을 전극으로 이용한 전기분해장치에서 인을 제거하기 위해서는 적어도 이론치의 2배 이상의 전류를 흘려 보내야 하는 것으로 생각된다. 본 실험의 결과를 기초로 연속실험에서는 HRT에 따라 전류량을 조절하면서 실험을 수행하였다.

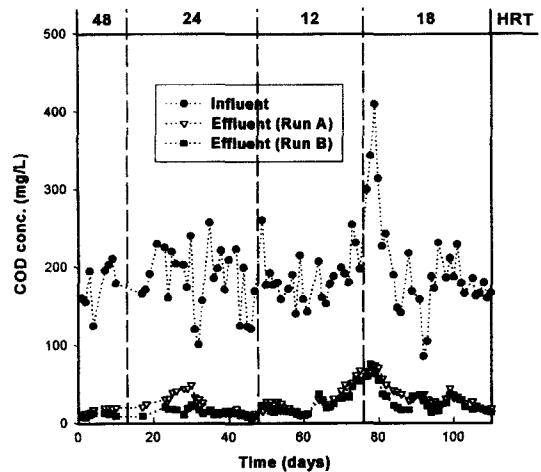


Fig. 4. Variation of COD concentration with HRT in Run A and Run B.

## 2. HRT에 따른 COD 제거효율

연속실험에서 실제 오수의 HRT에 따른 COD의 변동은 Fig. 4와 같으며 제거효율은 Fig. 7에 나타내었다. Run A는 대조군으로서 전기분해장치 미설치 반응조이며, Run B는 전기분해장치를 설치한 반응조이다. HRT 48시간에서 Run A와 Run B는 각각 91%와 94%의 제거율을 나타내어 안정적인 유기물 처리가 이루어졌으며, HRT 24시간에서는 Run A에 있어서 HRT의 감소로 인해 유출수 COD농도가 증가하다 안정되는 경향을 보였고, Run B에 있어서는 HRT 24시간에서도 안정적인 처리가 이루어졌다. Run A와 Run B 모두 HRT 12시간으로 감소시켜 운전하였을 때 유기물 부하량이 증가함에 따라 유출수 수질이 악화되어 Run A에서는 COD가 68 mg/l까지 상승하였고, Run B에서는 54 mg/l까지 상승하는 경향을 보였다. 유출수의 처리수질을 낮추기 위하여 HRT를 18시간으로 올렸을 때 Run A와 Run B 모두 유출수 COD 농도가 낮아졌으며 반응종료 1주일전에는 평균 COD농도 17~20 mg/l 값을 얻을 수 있었다.

각 반응조에서의 유기물 제거효과는 그림에는 나타내지 않았지만 50~85% 정도가 Anoxic조에서 제거되었다. 특히 Anoxic조에서 COD 제거율이 높은 이유는 稻森 등<sup>18)</sup>의 보고에서처럼 침전조로부터 COD가 낮은 순환수가 Anoxic 조에 유입되어 회석 또는 유입수에 존재하는 입자상 유기물이 HBC 여재에 의해 걸러지기 때문인 것으로 사료된다. 한편 황 등<sup>15)</sup>도 철의 전기분해를 이용한 활성슬러지 공정에서 둔사폐수의 인 제거 및 질산화에서 철분을 투여한 반응조가 철분을 투여하

지 않은 반응조보다 유기물의 제거효율이 약간 높게 나타났으며 이는 철 전기분해에 의해 석출된 철염이 미생물 활성에 영향을 미치지 않거나 또는 유기물을 응집 또는 흡착시키기 때문에 유기물 제거효율이 상승된 것으로 보고한 바 있다.

전체적으로 볼 때 전기분해장치를 설치한 Run B가 HRT 12시간일 때의 충격부하에 의해서 유기물 제거효율이 감소한 부분을 제외하고는 유기물 부하변동에 대하여 안정적인 처리가 가능함을 알 수 있었다. 이는 전극으로 알루미늄판을 사용하여 전기분해를 시키면 용출된 알루미늄 이온의 일부가 수산화 알루미늄을 형성해 응집제로 작용하여 콜로이드성 유기물질을 침전시켰기 때문에 유기물 제거효율이 전기분해 장치를 설치하지 않은 반응기보다 높은 것으로 생각된다.

**3. 질소 제거효율**

각 반응조에서 HRT 변화에 따른 유출수의 T-N 농도 변화와 평균 T-N 제거율을 Fig. 5 및 Fig. 7에 나타내었다. Run A의 경우 HRT가 감소함에 따라 유출수 T-N 농도변화가 심하고 높게 나타나는 반면에 Run B의 경우에는 HRT 12시간일 때를 제외하고는 유입수 T-N의 농도에 따라 유출수 T-N 농도가 상승하는 것으로 나타났으며, Run A보다 Run B가 HRT 변화에도 불구하고 안정적으로 제거되었다. 유입수의 평균 T-N 농도는 HRT 48, 24, 12, 18시간일 때 각각 144.7, 145.4, 144.7, 120.4 mg/l이며, 평균 T-N 제거율은 Run A의 경우 각각 65, 52, 51, 48%의 제거율을 보였고, Run B의 경우에는 각각 70, 66, 55, 59%로서 HRT가 증가

할수록 T-N 제거율이 증가하는 경향을 보이고 있어서 Run A보다 Run B가 다소 제거율이 높음을 알 수 있다. HRT 18시간 일 때 Run B에서 59%의 T-N 제거율을 보였는데 이는 운전조건은 다르지만 파이롯트 규모의 A<sup>2</sup>/O 공법을 이용한 홍 등<sup>19)</sup>의 오수처리 실험 결과의 T-N 제거율 55.7%와 비슷한 결과를 나타내었다. 알루미늄 전기분해 장치를 설치한 반응조가 전기분해를 설치하지 않은 대조 반응조 보다 T-N 제거율이 다소 높은 이유는 알루미늄의 전기분해로 인해 발생된 H<sub>2</sub>가 탈질에 필요한 수소 공여체로서 이용되었기 때문인 것으로 사료된다. 盧 등<sup>20)</sup>은 물이 전해될 때 발생하는 H<sub>2</sub>가 탈질에 필요한 수소 공여체로서 이용되어 양호한 처리효율을 나타내었고 또한 中島 등<sup>21)</sup>도 양극에 고정된 biofilm에서의 탈질 능력을 증가시키기 위하여 전기분해를 이용한 결과, 물의 전기분해로 인해 양극에서 수소가 발생하며 발생된 수소가 탈질의 수소공여체에 이용됨을 보고한 바 있다.

日下 등<sup>22)</sup> 역시 탄소분과 스테인레스 전극을 이용한 탈질에 관한 연구에서 전기분해로 인해 생성된 H<sub>2</sub>가 탈질에 이용됨을 보고하고 있다.

한편 그림에는 나타내지 않았지만 각 반응조에서의 T-N은 대부분이 Anoxic 1조에서 제거되고 있으며, Anoxic 2조에서의 제거율은 그리 좋은 편은 아니었다. 또한 본 실험에서는 검토하지 않았으나 탈질에 필요한 환경조건인 온도, C/N비, 내부순환율, 알루미늄 전기분해에 따른 질산화, 탈질 미생물에 대한 영향을 검토하면 질소제거 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

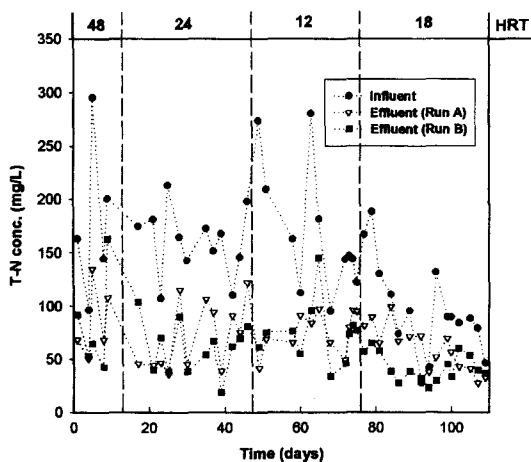


Fig. 5. Variation of T-N concentration with HRT in Run A and Run B.

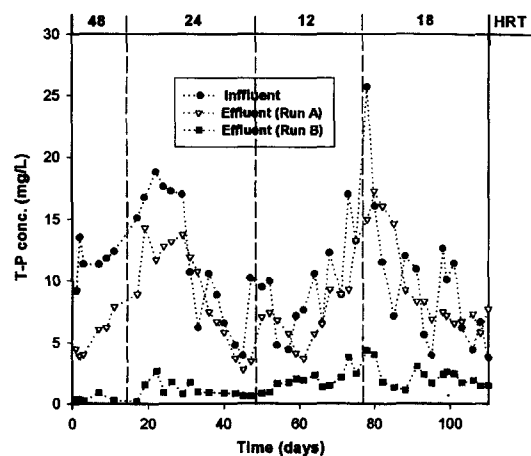


Fig. 6. Variation of T-P concentration with HRT in Run A and Run B.

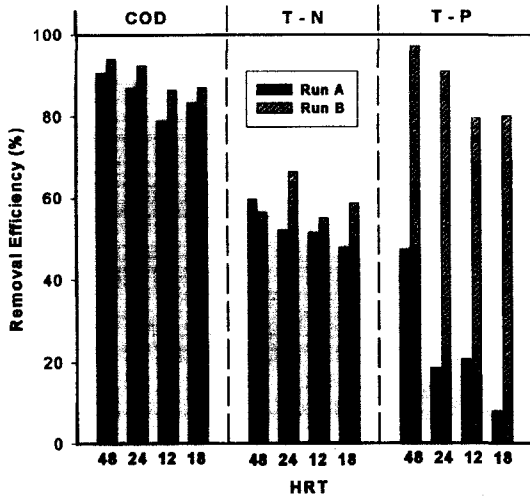


Fig. 7. Removal efficiency of COD, T-N and T-P with HRT in Run A and Run B.

#### 4. 인 제거효율

전극으로 알루미늄을 사용한 전기분해 장치를 설치한 반응조와(Run A)에서의 HRT에 따른 유출수의 인의 농도변화와 제거율을 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. 실험에 사용한 B산업 오수의 유입수 평균 T-P농도는 8.5 ~ 12.5 mg/l의 범위이다. Run A인 경우 HRT 48, 24, 12, 18 시간에서의 평균 유출수 농도는 각각 5.9, 9.1, 7.3, 9.7 mg/l로 나타나 제거율도 각각 47.2, 18.6, 20.6, 8.1%로서 HRT 48시간을 제외하고는 A<sup>2</sup>O 공법을 사용하더라도 20% 이하의 제거율을 나타내었다. 알루미늄 전기분해 장치를 설치한 Run B에서는 HRT 48, 24, 12일 때 평균 유출수 T-P농도가 각각 0.37, 0.99, 1.9 mg/l로서 제거율은 각각 97, 91, 80%를 나타내어 HRT가 길수록 인 제거율이 높았다. 그러나 HRT 18시간 일때에는 HRT 12시간일 때와 마찬가지로 약 80%의 제거율을 보였다. 이것은 반응이 3개월 정도 경과하면서부터 전기분해에 의해 알루미늄 용출에 따른 알루미늄판 면적이 감소하는 것과 또한 알루미늄판에 이물질이 부착하여 알루미늄의 이론적인 용출량보다 적게 용출되기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 宮崎 등<sup>10)</sup>은 전기분해를 이용한 인의 고도처리에서 반응조내에서의 주요 반응을 다음과 같이 나타내었다.



식 (1)은 양극에서의 반응으로 금속 알루미늄이 용해하는 과정이며, 식 (2)는 인과 결합하는 과정, 식 (3)은 부차반응으로서 과잉의 알루미늄이온이 침전하는 반응이다. 近藤<sup>23)</sup>은 폐알루미늄캔의 전기분해에 의한 인 제거에 관한 연구에서 반응조내의 인은 폐알루미늄캔에서 용출된 Al<sup>3+</sup>에 의해 AlPO<sub>4</sub>의 형태로 침전되거나 Al(OH)<sub>3</sub>가 되어 인을 흡착 또는 응집 침전하는 것으로 보고하고 있다. 이와 같이 알루미늄의 전기분해에 의한 제거효율이 높게 나타난 이유는 알루미늄판 입자에서 용출된 알루미늄이온이 반응조내 인 화합물과 주로 응집 및 흡착하여 제거되기 때문인 것으로 사료된다.

## IV. 결 론

양극과 음극 모두 알루미늄 전극을 설치한 활성슬러지 반응조를 사용하여 인 제거에 관한 실험을 수행하였다. 회분식 반응에서는 합성오수를 사용하여 전류밀도에 따른 인 제거에 대하여 검토하였다.

1) 전류밀도가 0.026, 0.052, 0.08 A/dm<sup>2</sup>일 때 인 제거율은 각각 66.4, 86.4, 98.0%로서 전류밀도가 높을수록 인 제거율이 높았다.

2) 측정 전류값 13, 26, 40 mA에서의 Faraday's law에 의한 이론적인 알루미늄 용출량은 각각 0.049, 0.07, 0.12 g이며, 이 때의 Al/P의 몰비는 각각 1.1, 2.0, 3.41이었다.

3) 연속식 실험에서는 실제 오수를 사용하여 COD, 총질소(T-N), 인 제거율을 조사하였으며, COD, T-N은 HRT가 길수록 인 제거율이 증가하였다.

4) 알루미늄 전극을 설치한 반응조에서의 평균 인 제거율은 HRT가 48, 24, 18, 12시간 일 때 각각 97, 91, 80, 80%이었다.

5) 알루미늄 전극을 설치한 반응조에서의 인 제거율은 전극 미설치 반응조 보다 높았다.

## 감사의 글

본 연구는 1998년도 조선대학교 교수해외파견 연구비의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 1) 大森英昭 : 淨化槽に適用された 汚水 處理技術の 變遷と 課題. 水環境學會誌, 19(3), 8-12, 1996.
- 2) 北尾高嶺 : 小型 合併處理 淨化槽の開發經緯と その技術. 水環境學會誌, 19(3), 13-19, 1996.

- 3) 稻森悠平, 須藤隆一: 高度處理 對應型 淨化槽의 開發. 水環境學會誌, **19**(3), 20-30, 1996.
- 4) 稻森悠平, 須藤隆一: 小規模 合併處理 淨化槽에 於ける 流量調整機能의 重要性에 於いて. 月刊生活排水, **11**(1), 1-7, 1981.
- 5) 小川雄比古, 田所正晴, 大野 茂: 小型 合併處理 淨化槽의 處理機能의 高度化. 用水と廢水, **37**(11), 10-15, 1995.
- 6) 山本泰弘, 廣野一郎: 流量調整 自動制御 方式 嫌氣ろ床·生物ろ過法의 實施에 於ける BOD, 窒素 除去特性의 評價解析에 於어 高度處理能. 第28回 日本 水環境學會年會講演集, 672-673, 1994.
- 7) 井村正博, 佐藤吉彦, 鈴木榮一, 後藤雅司: 流量調整 嫌氣好氣 循環ろ床方式 小型 合併淨化槽에 於어 高度處理. 淨化槽研究, **6**(1), 23-33, 1994.
- 8) 稻森悠平, 松重一夫, 須藤隆一: 嫌氣性條件을 組みんだ 小規模 合併處理 淨化槽에 於어 脫窒·脫リン. 用水と廢水, **30**(4), 54-60, 1988.
- 9) O. Grøterud and L. smoczynski: Phosphorus removal from water by means of electrolysis. *Water res.*, **20**(5), 667-669, 1986.
- 10) 宮崎 清, 吉村 廣, 山本淳, 近藤基一: 電氣分解을 利用した 린의 高度除去. 資源環境對策, **29**(11), 1044-1056, 1993.
- 11) 伊與亨, 吉野常夫 大野 茂, 關 幸雄: 알루미늄 接觸材을 用いた接觸 曝氣法의 基礎性能. 用水と廢水, **38**(8), 24-29, 1996.
- 12) 伊與亨, 吉野常夫 大野 茂, 關 幸雄: 알루미늄 接觸材을 用いた 小型 合併處理 淨化槽의 處理性能. 用水と廢水, **38**(9), 24-32, 1996.
- 13) 伊與亨, 吉野常夫, 大野茂, 關幸雄: 알루미늄 接觸材의 組みによる 既存 小型合併 淨化槽의 린除去 性能向上. 用水と廢水, **38**(12), 27-34, 1996.
- 14) 伊與亨, 島村匡, 山海敏弘, 稻森悠平; 알루미늄 電解法의 린除去 特性에 及ぼす 電解裝置의 仕様 及び 操作條件의 影響. 用水と廢水, **40**(3), 38-44, 1998.
- 15) 황규대, 김민호, 조철취: 철의 전기분해를 이용한 활성슬러지 공정에서 돈사폐수의 인 제거 및 질산화. 대한환경공학회, **19**(10), 1333-1344, 1997.
- 16) 김종택: 수질오염공정시험법해설. 신광출판사, 276, 1997.
- 17) 박상원, 김성국, 이광우: 전기분해를 이용한 산업폐수처리에 관한 연구. 환경과학논집, **3**(1), 131-142, 1998.
- 18) 稻森悠平, 谷野 充, 須藤隆一: 嫌氣·好氣 濾床法의 淨化特性에 及ぼす 循環比의 影響. 下水道協會誌, **22**(255), 23-31, 1985.
- 19) 홍정선, 서정범, 윤조희, 유덕희, 김용석, 유재근, 서운수: 파이롯트 규모의 혐기부산소/호기공법에 의한 오수처리. 한국수질보전학회지, **12**(4), 425-433, 1996.
- 20) 盧賢雄, 尹旻燮: 生物膜 電極反應器를 利用한 廚房廢水處理. 한국환경위생학회지, **23**(1), 43-49, 1997.
- 21) 中島廣樹, 中山俊之原 豊, 渡 智秀, 黑田正和: 多重生物膜 電極프로세스에 於어 地下水의 高速 脫窒處理. 第32回 日本水環境學會年會講演集, **370**, 1998.
- 22) 日下 潤, 田中 夫原 豊, 渡 智秀, 黑田正和: 電極을 用いた 原位置 脫窒法에 於어 基礎的檢討 -電極配置 影響-. 第 32回 日本水環境學會年會講演集, **294**, 1998.
- 23) 近藤基一, 山本淳, 熊城一男, 松永和義 森忠繁: 廢알루미늄 接觸材을 濾材として 用いた 린除去에 於어 基礎的實驗. 淨化槽研究, **14**(2), 15-21, 1992.