

전기분해를 이용한 생활 하수 처리 특성

윤용수[†]

단국대학교 화학공학과

Electrolytic Treatment of Municipal Wastewater

Yong-Soo Yoon[†]

Department of Chemical Engineering, Dankook University, Yongsan-gu Hannam-dong, Seoul 140-714, Korea

In this study, electrolysis was adopted for confirming the possibilities of the treatment of the municipal wastewater and compared the properties of treated water with synthetic wastewater and municipal wastewater. From the result of synthetic wastewater treatment, optimum condition of electrolysis was obtained that current density 3 mA/cm^2 , electrode distance 1 cm, conductivity $2,000 \mu\text{s/cm}$, initial pH 7, and reaction time 15 min. In treatment of municipal wastewater, the removal rate constants of organic matters was -0.128 min^{-1} and removal efficiency of the SS and the turbidity were 90%. And removal rate constants of T-N and T-P were -0.049 min^{-1} and -0.284 min^{-1} , respectively.

Key words: Electrolysis, Municipal wastewater, Optimum reaction condition

1. 서 론

하수(sewage)는 인간의 생활활동에 의하여 발생하는 물의 총칭으로서 구성 성분이 매우 복잡하고, 오수와 우수를 집수하는 방법에 따라서 그 특성이 변할 뿐만 아니라 처리구역의 지역적 특성, 규모, 인간의 생활양식, 공장의 조업방식과 시간대, 요일, 계절에 따라 양적, 질적으로 변화하게 된다. 현재 발생하는 하·폐수 발생량의 배출원별 비중을 보면 생활하수가 70%, 산업폐수 29%, 축산폐수 0.8%로서 생활하수가 대부분을 차지한다. 또한 오염부하량(BOD)의 비중도 생활하수 50.7%로서 40.8%의 산업폐수보다 높은 비중을 차지하고 있으며, 발생량 역시 매년 증가 경향하고 있다.¹⁾

생활하수는 하수관거를 통해 하수종말처리장에서 처리되어 공공수역으로 방류되는데, 이러한 하수의 처리는 고형물 제거, 오염물질과 유기물 감소, 용존산소 회복 등을 목적으로 수행하며 일상생활에서 버려지는 음식쓰레기, 세제, 생활하수와 분뇨 등으로 인한 오염과 산업폐수로 인한 인간생명의 위협 및 생태계 위협, 마실 물의 고갈에 따라 필요성이 점점 부각되고 있다.

하수처리 방법으로는 물리화학적 처리와 생물화학적 처리가 이용되고 있으며 일반적으로 두 가지 방법을 병행하고 있다. 물리화학적 처리방법은 생물화학적 처리를 위하여 전처리나 후처리에 사용 또는 미생물이 분해할 수 없는 오염물질을 함유한 폐수를 처리하는 경우로서 침전법, 부상법, 응집·응결법, 흡착법, 막분리법, 화학적 산화법 등이 있다. 생물화학적 처리법은 미생물을 이용하는 것으로 처리효율이 높고 처리된 물의 수질이 비교적 안정적이며, 처리 후 발생된 슬러지가 적고, 비용이 대체로 저렴하다. 대부분의 하수처리장에서는 생물화학적 처리법 중 활성슬러지 공법을 이용하여 처리하고 있으며 산화구법, 장기폭기법, 단계식 폭기법, 접촉안정법, 살수여상법, 회전원판법 등을 일부 적용되고 있다.

그러나 활성슬러지 공법과 같은 생물학적 처리에서의 제한물질은 일반적으로 BOD인 경우가 많으므로 질소와 인의 처리는 일부밖에 이용되지 않고 처리수 중에 잔존하고 있어 질소의 제거율은 30~60%이고, 인의 제거율도 40% 정도로 뚜렷한 제거효율을 기대하기 어렵다. 또한 활성슬러지 공법은 복잡한 다단 공정이며 시설비와 운전비용이 높다.²⁾

[†]To whom correspondence should be addressed.

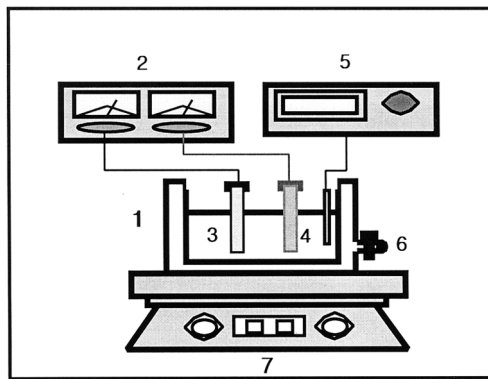
이러한 문제점들을 해결하고 보다 안정적인 처리효율을 위한 다양한 처리 공법들이 연구되고 있다. 그 중에 전기화학적 처리공법은 전해과정 중 양극에서 생성되어 용해된 금속이온들이 가수분해되어 생성된 금속수산화물에 의해 오염물질을 응집, 흡착, 침강시키는 처리법으로 주로 전해응집 및 전해산화반응에 의해 다양한 폐수처리에 이용되고 있다.^{3,4,5)} 전기화학적 처리법은 생물학적 처리법 및 물리·화학적 처리법과 비교하여 운전관리가 용이하고 설비 규모가 작으며 운전비용이 적을 뿐만 아니라 유량변동에 적용하기 쉬운 장점을 지니고 있다. 또한 부영양화의 근원인 인의 제거에도 우수한 효율을 나타내고 있다.⁶⁾

따라서 본 연구에서는 이러한 장점을 가진 전기화학적 처리법을 하수처리에 적용하여 얻어진 결과로부터 전기분해를 이용한 하수처리의 최적 조건과 하수처리 방안을 제시하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1. 시료 및 실험 장치

본 연구에 사용한 장치의 개략도를 Fig. 1과 같다.



- 1. Reactor
- 2. Power supply
- 3. Cathode
- 4. Anode
- 5. pH meter
- 6. Sampling port
- 7. Magnetic stirrer

Fig. 1. Experimental apparatus for the electrolysis.

전기분해 반응기는 3 L 크기의 아크릴 재질로 제작하였고, 두 전극은 면적이 100 cm²의 크기로 제작하여 사용하였다. 전원은 직류 전원 공급장치를 사용하여 일정한 전류를 유지하며 공급하였으며, 양극과 음극의 전극은 알루미늄 판을 사용하였다. 실험은 상온(20°C)에서 진행되었고 반응기내 온도와 농도를 균일하게 유지하기 위하여 Magnetic stirrer를 이용하여 교반하였으며 pH 측정은 pH meter (Orion, 520A, USA)와 유리전극(Orion, 91-02, USA)을 이용하였다. 시료의 pH는 0.1N-H₂SO₄, 0.1N-NaOH 용액으로 반응조건에 따라 조절하였고, 전기전도도는 NaCl을 첨가하여 조절하였으며 Conductivity meter(Orion, 124, USA)를 이용하여 측정하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 시료

본 연구에서는 두 가지 시료, 즉 조제폐수와 실제 생활오수를 실험에 이용하였다. 조제폐수는 토양에서 채취한 부엽토를 3~5%(W/V)로 증류수에 희석한 후 1시간 정치한 다음 콜로이드성의 상등액을 실험에 사용하였으며, 실제 생활오수는 하수처리장의 1차 침전지의 상등수를 대상으로 하여 실험하였다. 각각 시료의 성상은 Table 1에 나타내었다.

2.2.2. 실험 조건

조제폐수를 대상으로 전류, 전극간격, 전기전도도 그리고 초기 pH의 변화에 따라 전해의 처리효율 및 최적 운전 인자를 얻고자 각각의 실험 조건을 조정하였다. 전해 전류의 영향을 알아보기 위해 하수의 전도도와 전극 간격을 각각 2,000 μ S/cm와 2 cm로 고정하고 전류밀도 1, 2, 3, 4, 5 mA/cm²로 변화시키면서 반응 시간에 따른 처리효율을 측정하였으며, 전극간격에 따른 제거효율은 전극간격을 1, 2, 3 cm로 변화시키면서 관찰하였다. 또한, 전기전도도를 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000 μ S/cm로 변화시키면서 처리효율을 살펴보고, 초기 pH에 따른 처리 효율의 변화를 알아보기 위해 초기 pH를 5, 6, 7까지 단계별로 조작하였다.

Table 1. Mean composition of synthetic wastewater & raw wastewater

Items W/W	COD (mg/L)	SS (mg/L)	Turbidity (FAU)	Color (degree)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Conduct. (μ S/cm)
Synthetic	29	624	-	-	-	-	190
Raw	43	94	115	66	35	14	580

Table 2. Analysis methods and instruments

Items	Analysis Methods and Instruments
COD _{Mn}	KS M 0100
SS	KS M 0100
Color	HACH, DR/2010 Spectrophotometer, USA
Turbidity	HACH, DR/2010 Spectrophotometer, USA
T-N	KS M 0100, HP, 8452 UV-vis Spectrometer, USA
T-P	KS M 0100, HP, 8452 UV-vis Spectrometer, USA
pH	Meter : Orion, 520A, USA, Electrode : Orion, 91-02, USA
Conductivity	Orion, 130, USA

2.2.3. 분석

반응이 끝난 처리수를 30분 동안 침전시킨 다음 각각의 시료를 채취하였다. 조제 폐수의 경우 COD와 부유물질, pH의 변화, 실제 하수의 경우에는 COD, 부유물질, 색도, 탁도, 총 질소, 총 인을 측정하였고, 실제 생활오수의 경우는 조제폐수로부터 얻은 최적조건에서 그 처리효율을 측정하였다.

각 항목별 분석 방법은 다음의 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 조제폐수

조제폐수를 대상으로 전기분해에 의한 유기물과 부유물질의 제거효율을 알아보고 전기분해의 최적 운전인자를 도출하기 위하여 실험하였다.

3.1.1 전해전류가 미치는 영향

전해법에 의한 폐수처리는 폐수중의 유기물을 응집하는데 필요한 알루미늄 이온의 양과 전해에 의해 용출되는 알루미늄 이온이 같아질 때 처리가 끝난다.⁷⁾ 이때 가용성 전극으로 사용한 알루미늄 전극에서 용출되는 알루미늄 양은 전해전류와 시간에 의해서 좌우된다.⁵⁾

유기물 제거와 부유물질 제거에 있어 전해전류가 미치는 영향을 알아보고자, 전류밀도를 1~5 mA/cm²로 조절하여 30분의 반응시간동안 전기분해를 수행하였으며 유기물과 부유 물질의 변화량을 Fig. 2(a), (b)에 나타내었다. Fig. 2(a)에 나타난 바와 같이 유기물은 전류의 세기가 커질수록 처리효율이 증가함을 확인할 수 있었다. 100, 200 mA/cm² 전류의 경우 반응시간동안에 처리효율이 낮았지만 충분한 전해전류라고 여겨지는 3 mA/cm² 이상의 전류에서는 처리효율이 반응시간 10분까지 급속하게 이루어짐을 확인할 수 있었다. 즉, 1, 2 mA/cm²의 전해전류에 의해 용출된 낮은 알루미늄 급

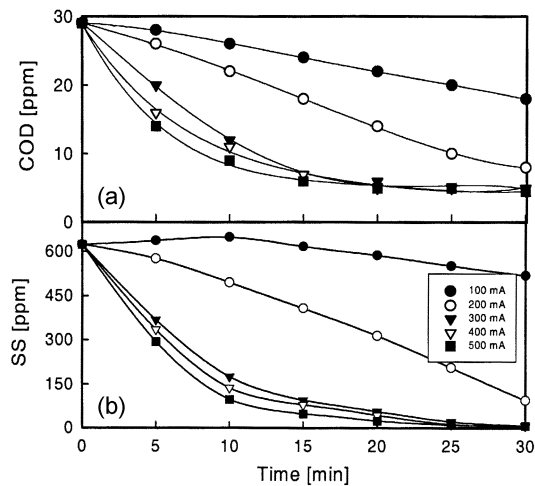


Fig. 2. Comparisons of COD(a) and SS(b) according to current density. Condition : electrode distance = 2 cm, initial pH=7.3, conductivity=2,000 μ S/cm.

속이온의 농도가 응집제로써 충분한 역할을 할 수 없을 뿐만 아니라 전해산화에 의한 유기물 산화작용도 충분하지 않았지만, 3 mA/cm² 이상의 전류에서는 충분한 전해전류에 의해 전해응집작용과 전해산화작용이 수반됨을 알 수 있었다. 또한 COD 제거율이 높게 나타나는 것은 전압상승에 따른 전해산화반응으로 음극과 양극에서 발생되는 수소와 산소기체에 의한 기포가 형성되어 유기물이 산화되거나 응집, 침전되어 제거되고, 생성된 기포들에 부착되어 부상되었기 때문이다.⁸⁾

Fig. 2(b)는 부유물질 제거효율을 나타낸 것으로, 1 mA/cm² 전류의 경우 용액 내에 알루미늄 급속이온에 의해 포집된 부유입자로 인해 부유물질은 다소 상승하였다. 그러나 3 mA/cm² 이상의 전류가 공급되는 시료에서는 반응시간 10분 정도에 전해응집에 의한 플럭 형성이 가속화되어 70% 이상의 제거효율을 얻을 수 있었다.

3.1.2. 전극간격이 미치는 영향

전극간격을 변화하며 전해처리하면 폐수내의 전기저항이 달라져서 처리효율의 차이를 가져오는데 이것을 이론적으로 표현하면 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.⁹⁾

$$\Omega = \frac{L}{a \times k} \tag{1}$$

여기서, Ω : Electric resistance(ohm)

L : Electrode distance(cm)

a : Electrode surface area(cm²)

k : Electric conductivity(S/cm)

전극간격에 따른 유기물과 부유물질의 제거효율을 알아보기 위하여 전극간격을 1, 2, 3 cm로 변화시키면서 반응시간 30분 동안 전기분해를 수행하였다.

Fig. 3(a)는 전극간격의 변화에 따른 유기물의 제거효율을 나타낸 것으로서, 전극간격이 가까울수록 처리효율이 증가함을 알 수 있었다. 이러한 현상은 전극간격이 멀어질수록 전기전도도가 감소함으로써 전극으로부터 전해산화반응이 충분히 일어나지 않았기 때문이다. 전극간격이 1 cm인 경우 초기 COD 29 mg/L에서 반응시간이 5, 10, 15분으로 증가할수록 각각 14, 8 그리고 6 mg/L로 크게 감소하였으며, 이러한 경향은 전극간격이 2, 3 cm인 경우도 비슷하였다. 전극간격의 변화에 따른 부유물질 제거효율도 Fig. 3(b)에서 볼 수 있듯이 COD 제거효율과 같이 전극간격이 가까울수록 제거효율이 상승하였다.

이러한 유기물과 부유물 제거효율에 의하면 전극간

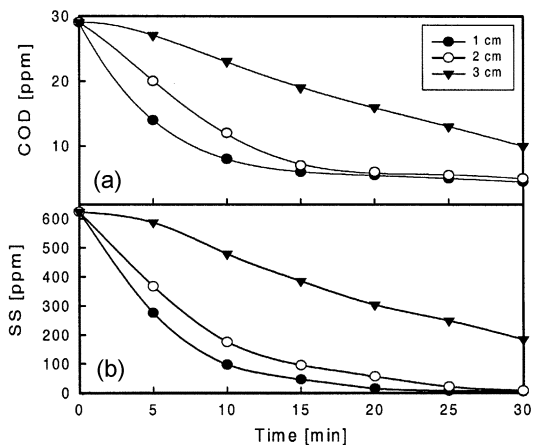


Fig. 3. Comparisons of COD(a) and SS(b) according to electrode distance. Condition : Initial pH=7.3, current=300 mA, conductivity=2,000 μ S/cm.

격이 가까울수록 처리효율이 상승되는데 전극 간격이 멀어질수록 전기전도도가 낮아져 전하의 흐름이 적어지기 때문이다. 이는 식 (1)에서 알 수 있듯이 전극간의 거리가 가까울수록 유기물과 부유물질 제거효율이 높은 것은 전극간격의 단축으로 인한 전기저항이 작아져서 활발한 전해산화반응과 양극에서 용출된 알루미늄이온이 쉽게 알루미늄 수화물을 형성하기 때문이다.¹⁰⁾

3.1.3. 전기 전도도가 미치는 영향

전기분해에 의한 폐수처리에 있어 양극표면에 산화피막이 형성되어 저항이 급상승하게 되면 전력소비량이 증가되고, 알루미늄 이온의 용출이 방해되어 금속수화물의 형성이 느리게 되어 처리효과를 떨어뜨린다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 NaCl과 같은 전해질을 첨가하면 전극표면에 산화피막 형성을 감소시킴으로 전기분해 장치의 성능을 향상시키는 동시에 전력소비를 줄일 수 있다.^{2,11)} 전해질 첨가제로서 NaCl과 CaF₂ 등이 있으며, 높은 전기전도도는 전하 흐름속도를 증가시켜 다량의 전하를 이동시키는데 이는 전기분해공정에서 용출성 전극으로 사용된 양극의 알루미늄 용출량과 밀접한 관련이 있다.

전기전도도가 유기물 제거와 부유물질 제거에 미치는 영향을 알아보기와, 초기 전기전도도를 1,000~3,000 μ S/cm로 조절하여 30분 반응시간동안 전기분해를 수행하였다.

Fig. 4(a)는 초기 전기전도도 변화에 따른 유기물 제거에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 전기전도도가 증가할수록 처리효율이 증가함을 확인할 수 있었다. 또한

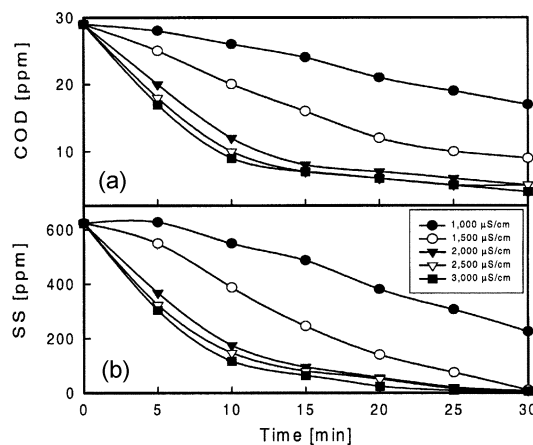


Fig. 4. Comparisons of COD(a) and SS(b) according to electric conductivity. Condition : electrode distance =2 cm, initial pH=7.3, voltage=3V.

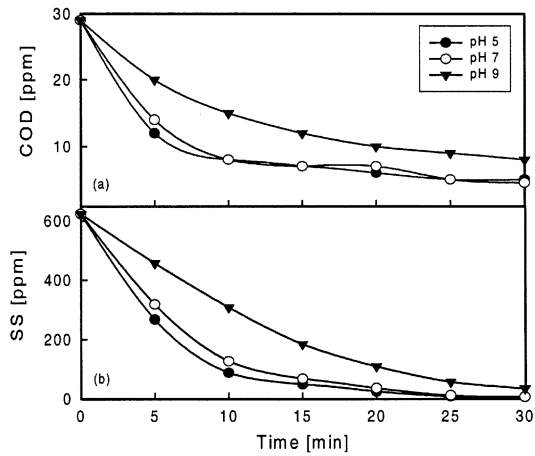


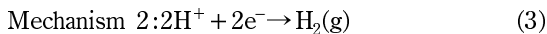
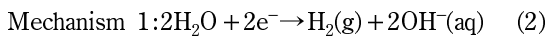
Fig. 5. Comparisons of COD(a) and SS(b) according to initial pH. Condition: electrode distance=3 cm, voltage=3V, conductivity=2,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

부유물질 농도변화 또한 전기전도도가 증가할수록 초기 반응시간동안에 부유물질의 상당 부분이 제거됨을 알 수 있었으며(Fig. 4(b)), 1,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 에서는 가장 낮은 효율을 나타내었다. 이로서 충분한 전해응집 작용이 이루어지기 위해서는 높은 전압뿐만 아니라 높은 전기전도도가 요구됨을 확인할 수 있었다.

3.1.4. 초기 pH가 미치는 영향

초기 pH를 5, 7, 9로 조절하여 pH변화가 유기물과 부유물질의 제거효율을 알아본 결과 Fig. 5(a), (b)와 같이 나타났다.

일반적으로 전기분해시 양극에서 금속이온이 용출되고 음극에서는 수소가스가 발생되는데, 음극에서는 다음 식과 같이 두 가지 메커니즘이 일어난다.^{3,10,12,13)}



폐수의 전해처리시 pH의 변화는 전해적후에는 음극에서 생성되는 OH^- 에 의해 상승하지만 Hydroxo complex 이온의 생성과 생성된 Hydroxo complex 콜로이드 입자간에 결합이 진행되기 때문에 완만한 상승을 나타낸다.¹⁴⁾

각각의 초기 pH에 따른 유기물의 제거효율은 Fig. 5(a)와 같이 나타났으며, 초기 pH를 5로 조절한 시료에서 83%로 가장 높은 처리효율을 얻을 수 있었으나, pH를 9로 조절한 시료에서는 낮은 처리효율을 나타내었다. 이는 용해도와 pH 곡선에 따라 알루미늄 수산화

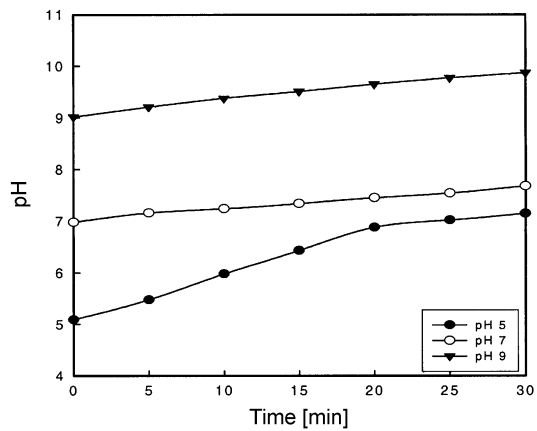


Fig. 6. Comparisons of pH according to electrocoagulation time.

물의 침전형태가 각각 다르기 때문이다. 마찬가지로 Fig. 5(b)는 초기 pH에 따른 부유물질 제거효율을 나타낸 것으로서, 초기 pH를 산성으로 조절하였을 때 빠른 시간 내에 많은 처리효율을 얻었다.

Fig. 6은 반응시간에 따른 용액내의 pH 변화를 나타낸 것으로서 초기 pH를 5로 조절한 시료의 pH는 반응시간의 증가와 함께 pH 6.8까지 점진적으로 증가하였다. 그러나 pH 7과 9로 조절한 시료들의 경우 30분 반응시간 동안에 큰 폭의 변화가 없었다.

알루미늄 수산화물의 최적침전 pH가 5~6 임을 고려할 때 초기 pH를 7이하로 조절하여 전기분해를 수행함으로써 더 빠른 침전효과를 얻을 수 있다.¹⁵⁾ pH에 의한 알루미늄 수산화물형태는 pH가 상승함으로 주로 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 형태로 잔류됨으로써 응집력이 저하된다. 따라서 초기 pH가 높은 pH 9로 조절할 경우 그 처리효율이 낮음을 확인할 수 있다. 또한, 초기 pH를 5로 조절한 시료의 경우는 음극에서 발생하는 OH^- 등에 의해 처리수의 pH가 상승되기 때문에 별도의 중화시설이 필요 없다는 것이 전기분해의 장점이기도 하다.

3.1.5. 반응시간이 미치는 영향

Fig. 7(a), (b)는 전기분해 반응시간동안의 유기물 제거와 부유물질 제거효율을 나타낸 것으로서 전해반응 10분만에 59%의 유기물 제거효율을 얻을 수 있었다. 또한 부유물질 제거의 경우 초기 2분간 SS 농도가 증가한 것은 용출된 알루미늄 이온이 응집하여 침전되지 않고 콜로이드 상태로 폐수 중에 녹아 있기 때문인 것으로 사료된다. 반응시간 10분까지 급속하게 제거효율을 얻었지만 이후 반응시간 동안은 완만한 제거곡선을

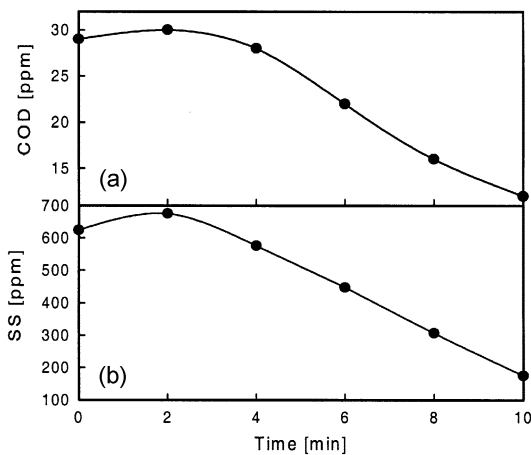


Fig. 7. Variation of COD(a) and SS(b) with time. Condition : electrode distance=2 cm, initial pH= 7.3, voltage=300 mA, conductivity=2,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

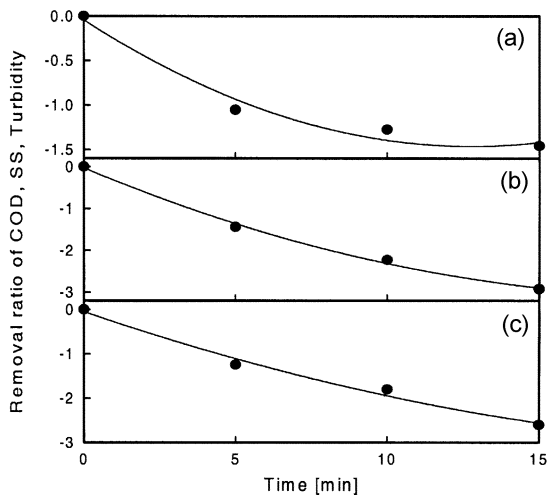


Fig. 8. Comparisons of removal ratio of COD(a), SS(b) and Turbidity(c).

나타낸다.

3.2. 생활 하수

조제폐수를 대상으로 하여 전해응집의 최적조건들 즉, 전해 전류 500 mA, 전극간격 1 cm, 전기전도도 2,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 초기 pH 7, 그리고 반응시간 15분을 얻을 수 있었다. 최적 반응조건 하에서 실제 생활하수를 전기분해 처리하여 COD, SS, 색도, 탁도, 총 질소 그리고 총 인을 측정하여 비교 분석하였다.

Fig. 8(a), (b) 그리고 (c)는 최적 반응조건에서의 COD, SS 그리고 탁도의 제거율을 반응시간에 따라 나타낸 것이다. 여기서 C_t 는 반응시간후의 COD, SS 그

리고 탁도의 변화량이고 C_0 는 초기 COD, SS 그리고 탁도를 가르킨다. Fig. 8(a)에서 알 수 있듯이, 전기분해에 의한 유기물 제거 반응속도 상수는 -0.128 min^{-1} 로서 전해산화와 전해응집반응의 작용에 의해 이루어지는데, 알루미늄전극에서 용출되는 알루미늄이온의 양은 전기량과 시간에 비례하므로 용출되는 알루미늄 이온의 양이 많아지면 전해응집에 의한 유기물의 제거가 증가된다.

또한, SS제거 반응속도상수도 -0.223 min^{-1} 으로서 약 90%의 처리효율을 얻을 수 있었는데 이는 전극에서 충분히 용출된 알루미늄이온이 용액내의 부유물질과 알루미늄 산화물을 쉽게 생성되어 빠른 시간 내에 응집되었기 때문이다. 이러한 결과는 송 등이 전기분해공정을 이용한 탁도 제거율을 90%까지 얻을 수 있었다는 연구와 유사하였다. Fig. 8(c)은 탁도 제거효율을 나타낸 것으로 부유물질과 동일한 경향을 확인할 수 있었으며 반응속도상수는 -0.181 min^{-1} 로 나타났다.

Fig. 9(a)는 색도 제거율을 반응시간에 따라 나타낸 것으로서 반응시간 10분만에 무색에 가까운 처리수를 얻을 수 있었다. 일반적으로 폐수 중에 존재하는 천연 착색물질들은 주로 음이온으로 하전된 콜로이드 입자들로 구성되어 있기 때문에 알루미늄 및 철과 같은 3가 금속이온을 가진 염을 사용하면 쉽게 응집시킬 수 있다. 전기분해에 의한 색도제거는 가용성 전극인 알루미늄이온 용출에 의해 이루어지며 전류밀도가 증가할수록 용출 이온량이 증가함으로서 제거효율 또한 상승

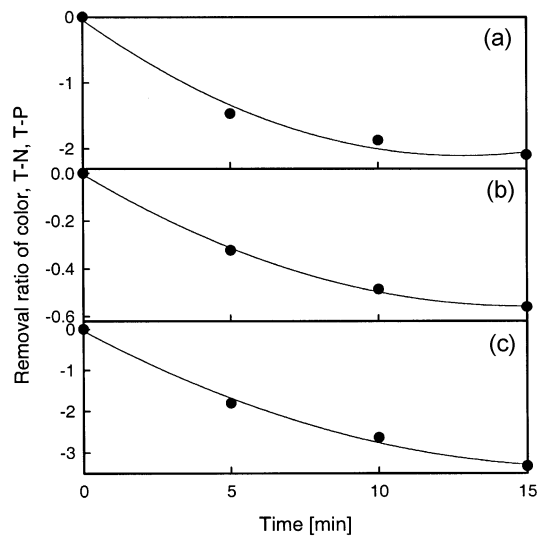


Fig. 9. Comparisons of removal ratio of Color(a), T-N(b) and T-P(c).

하였다. 花嶋 등은 도시폐기물 매립장에서 유출되는 폐수를 대상으로 응집침전법을 이용한 색도 제거를 시도한 결과 색도 성분은 음성의 극성기를 갖는다는 것을 확인하였으며, 활성탄을 병행처리하여 무색에 가까운 처리수를 얻은 것과 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 9(b)와 (C)는 총 질소와 총 인의 제거율을 나타낸 것으로서 총 질소 제거 반응속도 상수는 -0.049 min^{-1} 로 43%의 미비한 처리효율을 나타냈다. 일반적으로 오폐수에서 질소는 오염초기에 암모니아성 질소나 유기질소형태로 존재하는데, 도시하수의 경우는 일반적으로 20~30 mg/L 범위의 질소함량을 가지고 있고 이중 60%는 용해성이고 나머지 40%는 불용성으로 알려져 있다. 전기분해에 의한 질소제거는 전해응집 및 전해부상에 의해 제거된 부유입자들에 함유된 유기성 질소들의 제거로 인한 것으로 사료되며, 고도처리공정과 비교해 볼 때 낮은 처리효율이지만 기존의 생물학적 처리공법이 40%이하의 질소제거율을 나타내는 것과 유사하였다.

반면에 동일 조건하에서 총인 제거효율은 Fig. 9(c)와 같이 반응속도상수 -0.264 min^{-1} 의 높은 처리효율을 얻을 수 있었다. 전기분해에 의해 생성된 알루미늄 이온은 다음과 같이 인과 반응하여 불용성 침전물을 형성한다.^{16,17)}



용해상태의 Al^{3+} 은 OH^- 와 반응하여 hydroxo complex와 같은 $\text{Al}(\text{HO})_3$ 의 침전물을 형성하기 때문에 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaAlO_2 또는 PAC 등이 응집제로 많이 사용된다. 전류가 증가할수록 용출되는 알루미늄 이온량 또한 증가함으로써 인 제거율이 상승하였으며, 약 80% 이상의 제거효율을 반응 5분만에 얻을 수 있었다. 전기분해에 의한 인 제거는 반응시간의 단축뿐만 아니라 유입수의 인 농도에 따라 용출 알루미늄이온을 조절할 수 있으므로 매우 경제적이며 효율적일 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 부엽토를 이용한 조제폐수와 실제 생활오수를 대상으로 전기분해법에 의해 처리한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전기분해 공정의 최적 반응조건을 얻기 위하여 3~5%의 부엽토를 이용한 조제폐수를 대상으로 실험한 결과 전해 전류밀도 3 mA/cm^2 , 전극간격 1 cm, 전기전

도도 $2,000 \mu\text{s/cm}$, 초기 pH 7, 그리고 반응시간 15분임을 확인 할 수 있었다.

2. 실제 생활오수 처리에 위해 전기분해법을 적용한 결과, 유기물제거속도상수는 -0.128 min^{-1} 로 나타났다. 부유물질과 탁도의 경우 90%의 제거효율을 얻을 수 있었고 총질소와 총인의 제거속도상수는 각각 -0.049 min^{-1} 과 -0.264 min^{-1} 로 나타났다.

이로부터 전기분해를 이용한 생활하수의 처리가 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2002학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음

참고 문헌

1. 환경부, “환경백서”, 2001.
2. Metcalf & Eddy Inc., “Wastewater engineering: treatment disposal reuse”, 1988.
3. S. H. Lin and C. F. Peng : Treatment of textile wastewater by electrochemical method, *Wat. Res.*, 1994, 28(2), 277-282.
4. C. T. Tsai, S. T. Lin, Y. C. Shue, and P. L. Su : Electrolysis of soluble organic matter in leachate from landfills, *Wat. Res.*, 1997, 31(12), 3073-3081.
5. E. A. Vik, D. A. Carlson, A. S. Eikum, and E. T. Gjessing : Electrocoagulation of portable water, *Wat. Res.*, 1984, 18(11), 1355-1360.
6. S. E. saddek, An electrochemical method for removal of phosphate from wastewater, 1970, FWQA.
7. J. Jiang, N. Graham, C. Andre, G. H. Kelsall and N. Brandon, : Laboratory study of electro-coagulation-flotation for water treatment, *Wat. Res.*, 2002, 36(16), 4064-4078.
8. A. B. Paul, Electrolytic treatment of turbid water in package plant, 1996, 22nd WEDC conference.
9. J. I. Lee, K. H. Suh and B. H. Sung : The application of industrial and waste water treatment by electrolysis, *J. of Corro. Sci. Soci. of Kor.*, 1983, 13(3), 18-25.
10. M. S. Shin, K. H. Lee, D. J. Kim and M. Y. Han, Treatment characteristics of livestock wastewater by electroflotation(EF), 2001, 2001 IWA World Water Congress.
11. X. Chen, G. Chen and P. L. Yue : Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation, Separation and Purification technology,

- 2000, 19, 65-76.
12. G. G. Ibanez, M. M. Singh and Z. Sazafan, Laboratory experiments on electrochemical remediation of the environment. Part 4 : Color removal of simulated wastewater by 'electrocoagulation-electroflotation', *F. Chemical Education*, **1996**, 75(8), 1040-1041.
 13. N. Mameri, A. R. Yeddou, H. Lounici, D. Belhocine, H. Grib and B. Bariou, : Defluorination of septen- trional Sahara water of north africa by electrocoa- gulation process using bipolar aluminium electrodes, *Wat. Res.*, **1998**, 32(5), 1604-1612.
 14. W. S. Kim, S. H. Cha and Y. W. Kim, : A study on the electrolytic treatment of polyvinyl alcohol wastewater, *J. KSWQ*, **1993**, 9(1), 31-40.
 15. M. J. Matteson, R. L. Dobson, R. W. Glenn, N. S. Kukunoor, W. H. Waits and E. J. Clayfield, : Electrocoa- gulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles, *Colloids Surfaces A : Physicochem. Eng. Aspects*, **1995**, 104.
 16. R. V. Thomann and J. A. Muller, Principles of surface water quality modelling and control, Manhattan College, **1995**.
 17. V. L. Snoeyink and D. Jenkins, "*Water chemistry*", **1980**, Wiley.