

전기화학적방법을 이용한 산업폐수 처리

조주식* · 안명섭¹⁾ · 이홍재¹⁾ · 허재선²⁾ · 손보균 · 허종수¹⁾

순천대학교 농화학과, ¹⁾경상대학교 농화학과

Treatment of Industrial Wastewater by Electrochemical Method

Ju-Sik Cho*, Myoung-Sub An¹⁾, Hong-Jae Lee¹⁾, Bo-Kyoon Sohn and Jong-Soo Heo¹⁾ (Dept. of Agricultural Chemistry, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea, E-mail : chojs@suncheon.ac.kr, ¹⁾Dept. of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea, ²⁾Dept. of Environmental Education, Suncheon National University, Suncheon 540-747, Korea)

ABSTRACT : For electrochemical treatment of industrial wastewater, the effects of voltage, distance between electrodes, initial pH and NaCl concentrations on removal of pollutants were investigated in a batch electrolysis system. Temperature and pH in electrochemical reactor increased with increase in supplied voltage, but no significant change in EC was found. Removal of COD, turbidity, T-N and T-P were also enhanced with increase in the voltage. On the conditions of short distances between electrodes and long electrochemical reaction times, it was found that COD and T-N were very effectively removed in the system. Regardless of the distances, more than 80% of turbidity and T-P were removed at the beginning of reaction. When initial pH of the wastewater was about 7, the highest efficiency of COD removal was found in the system. On the other hand, removal efficiency of turbidity was unlikely affected by initial pH of the wastewater. T-N removal was increased with increase in initial pH. T-P was successfully removed in the pH range of 5 to 9 with varying removal efficiency of 79 to 96% after 2 minutes of electrochemical reaction time. Addition of NaCl into the electrochemical reactor increased removal efficiency of electrochemical treatment. The highest removal efficiency of COD and T-P, turbidity and T-N was obtained at NaCl concentrations of 500mg/L, 1,000 mg/L and 500mg/L, respectively.

Key words : Electrochemical method, COD, T-N, T-P, Turbidty, Optimum treatment condition

서 론

우리 나라의 현재 오·폐수 발생량은 1일 약 20,541천톤이며 이중 산업폐수는 38,000개소에서 1일 약 4,100천톤을 배출하고 있다¹⁾. 산업단지는 493개소로서 국가산업단지 39개소, 지방산업단지 155개소, 농공단지 299개소이며²⁾, 농공단지의 면적은 약 1,300만평, 농공단지내의 입주업체수는 약 3,700개이고, 1일 약 81,000톤의 폐수처리시설로서 농공단지내에서 배출되는 폐수를 처리하고 있으나, 신설 및 증설되는 단지수가 증가함에 따라 농공단지내에서 발생하는 폐수 배출량도 매년 약 9% 증가하고 있는 실정이다³⁾.

현행 농공단지 폐수 처리방법은 소규모처리시설에서는 주로 물리·화학적방법을 채택하고 있는 반면 중·대규모처리시설에서는 활성슬러지를 이용한 생물학적인 방법을 채택하고 있으며 수질보전과 수질오염물질 저감대책의 일환으로 수질환경기준이 강화됨에 따라 대부분의 처리장에서 점점 고도처리방식을 연계하

는 처리방법을 채택하고 있다²⁾.

국내·외적으로 고도처리방식에 대하여 여러 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있고, 특히 부영양화의 원인물질로 알려져 있는 T-N 및 T-P의 제거에 상당한 비중을 두고 있다. 우리 나라는 몇 년 전부터 하·폐수종말처리장의 방류수 수질기준에 T-N 및 T-P의 항목을 추가하여 그 기준을 각각 60 및 8mg/L로 정하였고, 2001년부터는 그 기준을 각각 20 및 2mg/L이하로 강화시킬 계획으로 있다¹⁾.

현행 폐수처리 공법인 생물학적 처리방법, 물리·화학적 처리 방법에서는 T-N 및 T-P의 처리율이 매우 낮아, 처리수중에 이들 오염물질의 부하량이 매우 높게 나타나고 있어 수질오염을 가중시키는 요인이 되고있는 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 생물학적인 처리방법중 활성슬러지의 변형인 장기포기법을 응용한 Bio-reactor를 이용한 처리방법, 회분식 반응조를 연속적으로 운전할 수 있는 SBR (sequencing batch reactor)을 이용한 처리방법, 호기성조건에서

혐기성과 무산소조건을 병행하여 처리하는 방법인 A/O, A²/O, 수정 Bardenpho, UCT, POBR System, KSBNR, JINDO System, HDF 및 CNR공법들이 국내외에서 연구가 진행중에 있거나 실용화 단계에 있다¹⁾.

그러나 농공단지 폐수를 보다 효과적으로 처리하기 위하여는 처리공정의 유지 및 관리가 간단하고, 폐수의 다양한 수질 성상에 대한 적응도와 현장관리자의 처리시설 운전시 기술적인 능력, 경제성 및 처리수질의 안정성 확보 등의 여러 가지 문제점들을 해결할 수 있는 공정개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 전기화학적 방법을 이용한 농공단지폐수의 효율적인 처리기술 공정개발을 위한 기초실험으로서 전기화학반응조내 전압, 전극판 간격 pH 및 전해용액 농도 등에 따른 오염물질 처리효율을 비교 검토하여 최적처리조건을 구명하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시수질시료는 경남 사천시 사남농공단지내에서 발생하는 오수 및 폐수를 사용하였으며 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 시료는 오수와 각 폐수를 사남농공단지 공동폐수종말처리장의 유입수량에 근거하여 일정한 비율로 혼합한 다음 4℃에서 냉장 보관하여 사용하였다.

공시 전극판은 난용성의 스테인레스판(SUS 316L, 100mm×150mm×2mm)을 사용하였다. 그리고 스테인레스판은 사용전에 10% 수산화나트륨과 황산용액에 각각 24시간씩 침적시킨 후 증류수로 수 회 세척하여 dry oven으로 105℃, 3시간 건조한 다음 사용하였다.

Table 1. Characteristic of wastewater from agricultural industrial complex.

	Temperature	pH	EC	COD	Turbidity	T-N	T-P	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	(℃)								
Max.	26	6.8	2.4	562	966	94	24	129	377
Min.	23	5.2	1.1	234	441	53	2.3	56	62
Av.	25	6.8	1.6	402	632	78	13	77	251

	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(mg/L)							
Max.	44.2	489	47.9	0.8	11.3	0.64	0.03	4.9
Min.	11.9	123	12.0	0.2	0.5	0.05	0.01	0.3
Av.	26.3	251	38.4	0.6	4.9	0.31	0.02	2.6

실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 회분식 전기화학반응조는 Fig. 1과 같다. 전기화학반응조의 크기는 120mm×120mm×160mm로서 5mm두께의 투명 아크릴수지로 제작하였으며, 내부에 전극판을 수직으로 배열하였고 전극판의 간격은 조절 가능하게 하였다.

그리고 전기화학반응조의 직류전원 공급은 D.C power supply를 이용하였으며 안정적인 전력공급을 위하여 전압안정기를 사용하였고 누전사고에 대비하여 접지를 하였다. 그리고 자동제어기를 사용하여 양극과 음극을 각각 10초 간격으로 교대로 전환함으로써 전기화학반응조내 전극판의 피막형성을 방지하고 전극판의 용출을 억제하고자 하였으며 전력손실을 최소화 하고자하였다. 또한 stirrer를 이용하여 전기화학반응조내의 공시폐수를 균등한 조건으로 유지하였다.

전기화학반응조내의 전류, 전압 및 온도측정을 위하여 각각 ammeter, voltmeter 및 thermometer를 사용하였다.

회분식실험은 공시수질시료인 농공단지 폐수 2,000ml를 1회 처리량으로 하여 전기화학반응조내에서 실험하였다. 모든 처리조건에서 stirrer를 이용 공시폐수를 교반함으로써 시료를 균등한 조건으로 하였으며, 전기반응시간을 1, 2, 5, 10, 20 및 30분의 조건으로 구분하여 전기화학반응을 시킨 후 각 조건에 따라 전기반응시간에 따른 전기화학 반응조내의 온도, pH 및 EC변화를 조사하였고, 각 조건에서 처리수의 COD, 탁도 및 T-N, T-P등의 처리효율을 조사하여 최적처리조건을 조사하였다.

전압별 수처리효율은 전극판 간격을 1cm로 고정시킨 다음 스테인레스 전극판에 전압을 5, 10 및 20V로 변화시키면서 공급하여 최적 전압을 조사하였고, 전극판 간격별 수처리 효율은 최적 전압에서 전극판 간격을 1, 2 및 3cm로 변화시키면서 최적 전극

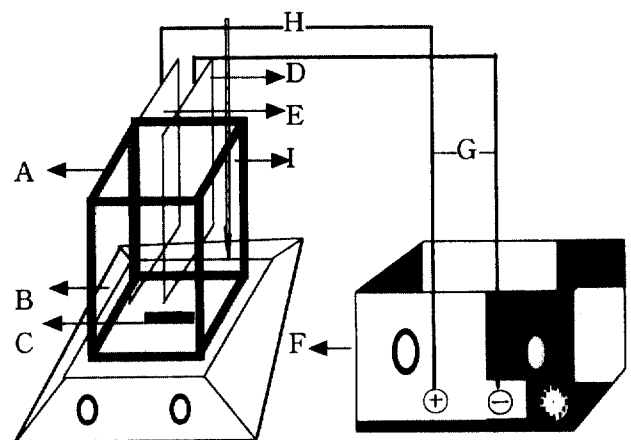


Fig. 1. Schematic diagram of batch experimental apparatus.

A : Electrolysis cell	D : Cathode	G : Voltmeter
B : Magnetic stirrer	E : Anode	H : Ammeter
C : Magnetic bar	F : D.C power supply	I : Thermometer

판 간격을 조사하였으며, 초기 pH조절에 따른 수처리 효율은 최적 전압 및 최적 전극판 간격에서 pH를 3, 5, 7, 9 및 11로 변화시키면서 최적 pH를 조사하였다. 그리고 NaCl 농도별 수처리 효율은 최적 전압, 최적 전극판 간격 및 최적 pH 조건에서 폐수중 NaCl 농도를 250, 500 및 1,000mg/ℓ로 조절하여 최적 NaCl 주입 농도를 조사하였다.

분석방법

수질분석은 환경오염공정시험법⁴⁾과 APHA의 standard method⁵⁾에 준하여 다음과 같이 분석하였다.

결과 및 고찰

전압별 수처리 효율

전압별 전기반응시간에 따른 온도, pH 및 EC변화를 조사한 결과는 Table 2에서 보는데와 같이 전기반응조내 온도는 전압이 높을수록 그리고 전기반응시간이 길어짐에 따라 상승하는 경향이 있으며 전압을 5, 10 및 20V로 하였을 경우 전기반응시간 30분 후의 온도는 각각 약 38, 42 및 46℃로서 전기 반응시간 초기에 비해 약 13~20℃ 높아졌다. pH 변화도 전기반응시간이 경과할수록 점점 상승되었으며, 전기반응시간 30분 후의 pH는 전압 5, 10 및 20V에서 각각 약 7.4, 7.8 및 8.3으로서 전압이 높을수록 더 큰 폭으로 상승되었다. 이와 같은 결과는 전압이 높을수록 그리고 전기반응시간이 경과할수록 전극판의 음극에서 OH 이온이 많이 발생되어 상대적으로 폐수중의 H⁺이온 농도가 낮아지기 때문인 것으로 사료되었다⁶⁾.

그리고 EC는 전압 5 및 20V에서는 전기반응시간이 경과할수록 약간씩 증가하여 전기반응시간 30분에는 각각 1.8 및 1.95ms/cm로서 전기반응시간 초기에 비해 각각 0.6 및 0.15ms/cm 증가하

였다. 그러나 전압 10V에서는 전기반응시간에 따라 점차적으로 감소되었다. 이러한 결과는 전압에 따라 전기 분해 반응과 전기 응집 반응이 일어나는 시기의 차이인 것으로 판단되며, 전기화학 반응을 통한 응집반응이후에도 응집반응에 관여하지 않은 이온들이 폐수중에 일정수준 이상 존재하기 때문인 것으로 사료되었다.

전압별 전기반응시간에 따른 COD 처리율(Fig. 2)은 전기반응 직후에는 거의 비슷하였으나 그 후 전압이 높을수록 처리율이 증가하여 전압 5, 10 및 20V에서 전기반응시간 10분 후 각각 약 53, 62 및 64%을 COD 처리효율을 나타내었으며 그 이후에는 큰 변화가 없었다. 이러한 결과는 폐수중의 유기물질중 전기화학반응에 의하여 응집 또는 분해 가능한 유기물질이 전기반응 10분 이내에 거의 제거되었기 때문인 것으로 사료되었으며⁷⁾, 일반적으로 전기화학반응에 의한 COD처리율은 폐수 중의 유기물질의 종류와 농도 및 전압의 세기에 따라 다르지만 대부분은 전기반응시간 15분 이내에 제거되는 것으로 알려져 있으며^{8,9)}, 전기반응시간에 따른 온도의 상승으로 인한 반응속도의 증가 때문에 전압이 높을수록 그리고 전기반응시간이 경과할수록 어느 시간까지는 COD처리율이 증가하는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

탁도 처리율(Fig. 3)은 전압 전기반응 직후 각 전압 모두에서 80% 이상으로서 전압과 전기반응시간에 따라 큰 차이가 없었으며, 전압 20V, 전기반응시간 30분에서 약 90%로 가장 높은 처리율을 나타내었다.

전기반응시간에 따른 T-N 처리율(Fig. 4)은 전기반응 직후에는 모두 약 58%로서 전압별로 뚜렷한 차이가 없었으나 그 후 전기반응시간이 경과함에 따라 전압이 높을수록 약간씩 증가하였다. 그리고 T-P 처리율(Fig. 5)도 반응 초기에 전압별로 별 차이가 비교적 높은 약 70%의 처리효율을 나타내었으며, 반응시간 2분 후에는 전압 5, 10 및 20V에서 각각 약 75, 81 및 84%로서 전압이 높을수록 처리율이 높게 나타났으며 그 이후에는 반응시간에 따라서 별 변화 없었다. 이와같이 전압이 높을수록 T-P 처리

Table 2. Variations of temperature, pH and EC according to the electrolysis time under the different voltage in the batch electrolysis.

Voltage (V)	Electrolysis time (min)					
	1	2	5	10	20	30
Temperature (°C)						
5	25.3	26.7	29.8	32.2	34.5	38.4
10	26.5	27.3	30.2	33.9	36.8	42.1
20	26.1	28.9	32.7	35.8	41.5	45.8
pH						
5	6.85	6.88	6.98	7.25	7.30	7.35
10	6.96	7.01	7.25	7.50	7.60	7.78
20	6.87	7.21	7.30	7.78	7.93	8.25
EC (ms/cm)						
5	1.20	1.23	1.29	1.52	1.74	1.80
10	2.40	1.92	1.80	1.70	1.75	1.82
20	1.80	1.79	1.90	1.85	1.89	1.95

The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes.

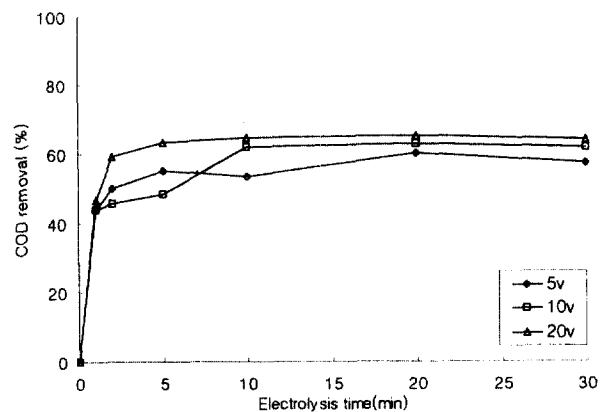


Fig. 2. COD removal according to the electrolysis time under the different voltage in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes.

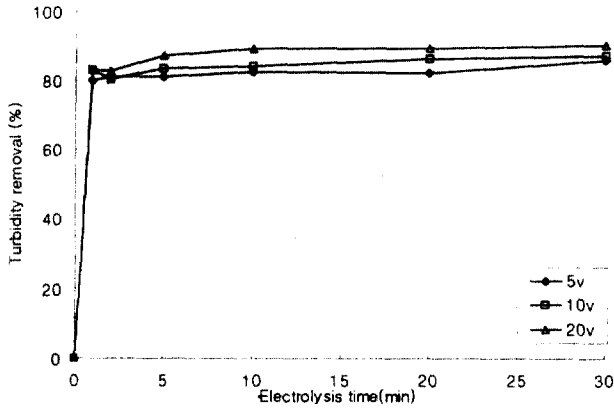


Fig. 3. Turbidity removal according to the electrolysis time under the different voltage in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes.

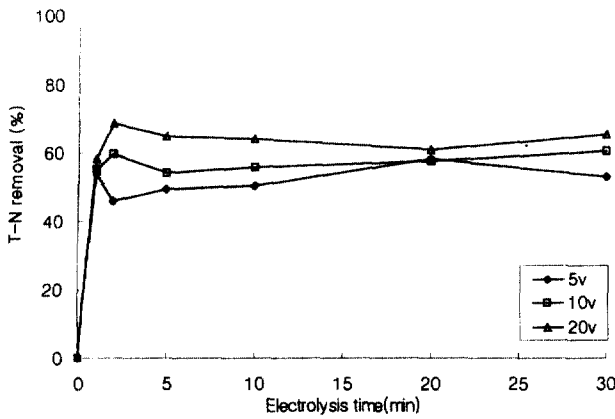


Fig. 4. T-N removal according to the electrolysis time under the different voltage in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes.

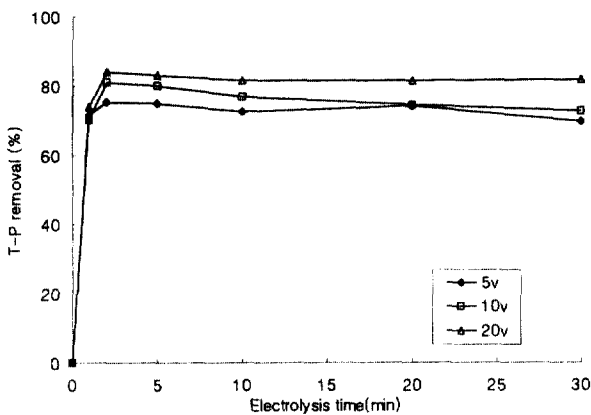


Fig. 5. T-P removal according to the electrolysis time under the different voltage in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes.

효율이 높은 것은 폐수 중의 인성분이 전극에서 용출된 금속이온 또는 폐수 중의 양이온들과 착화합물을 형성하여 침전·제거되기 때문인 것으로 사료되었다^{11,12}.

따라서 전압별 오염물질 처리효율은 전반적으로 전압이 높아질수록 증가하였으며, 특히 전압 20V에서 오염물질 처리효율이 가장 높은 것으로 미루어 보아 농공단지 폐수처리에 있어 효율적인 전압은 20V로 유지하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.

전극판 간격별 수처리 효율

전극판 간격에 따른 COD처리율(Fig. 6)은 전극판 간격이 좁아질수록 증가하는 경향이였으며, 전극판 간격이 각각 1, 2 및 3 cm일때 전기반응시간 10분에서 처리율은 각각 약 64, 57 및 55%로서 전반적으로 1cm > 2cm > 3cm순으로 높았으며, 이는 동일한 전압에서는 전극판 간격이 좁을수록 전류가 상대적으로 상승하여 폐수중의 유기물질 산화가 더 많이 이루어졌기 때문인 것으로 생각되었다¹⁰. 그리고 탁도 처리율(Fig. 7)은 전극판 간격 모두에서 전기반응시간 1분만에 약 80%이상의 높은 처리율을 나타내었으며 그 이후 점차적으로 증가되었으나 전극판 간격에 따라서 큰 차이는 없었으며 전기반응시간 10분 이후 모든 전극판 간격에서 약 90%이상의 높은 처리효율을 나타내었다.

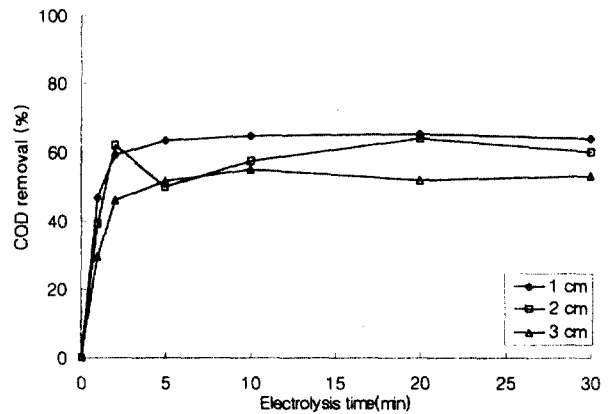


Fig. 6. COD removal according to the electrolysis time under the different distance between two electrodes in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 20 voltage.

전극판 간격에 따른 T-N 처리율(Fig. 8)은 전극판 간격이 좁을수록 처리효율이 증가되었으며 전기반응시간에 따라서도 반응초기에는 전극판 간격에 따라 비교적 큰 차이가 있었으나 반응시간 10분 이후에는 큰 차이없이 전반적으로 60~70%의 처리율을 나타내었다. T-P처리율(Fig. 9)은 전극판 간격 1, 2 및 3cm에서 전기반응시간 2분만에 각각 약 84, 82 및 79%로서 급격히 증가하였으며 그 이후에는 전기반응시간에 따라 별 차이가 없었다.

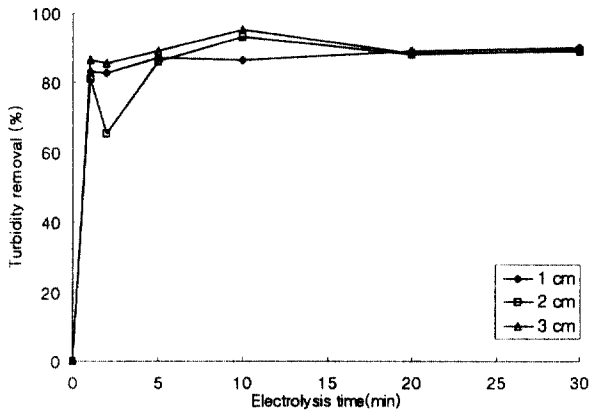


Fig. 7. Turbidity removal according to the electrolysis time under the different distance between two electrodes in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 20 voltage.

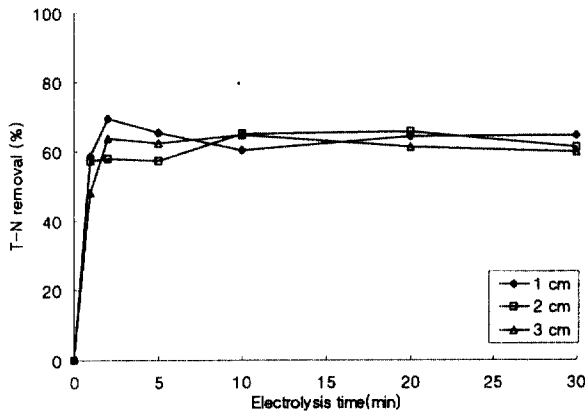


Fig. 8. T-N removal according to the electrolysis time under the different distance between two electrodes in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 20 voltage.

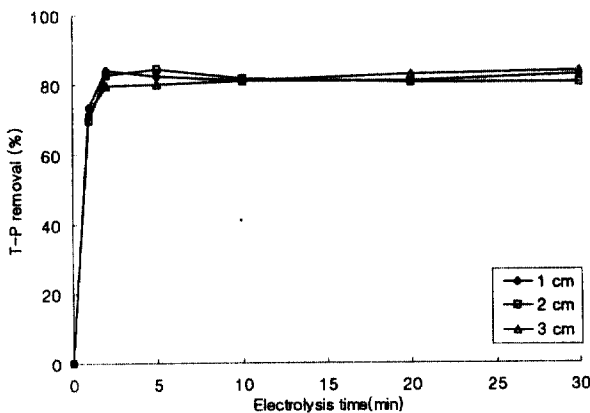


Fig. 9. T-P removal according to the electrolysis time under the different distance between two electrodes in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 20 voltage.

따라서 전극판 간격에 따른 오염물질 처리효율은 전반적으로 전극판 간격이 좁을수록 양호한 것으로 나타났으며, 특히 탁도, T-N 및 T-P 처리율은 전극판 간격에 따라 큰 차이가 없었지만 COD 처리율은 전극판 간격에 따라 큰 차이가 나타나 1cm로 조절 하였을 때 처리효율이 가장 높았으므로 농공단지 폐수의 효과적인 처리를 위해서는 전극판 간격을 1cm로 하는 것이 가장 효과적 일 것으로 판단되었다.

pH 조절에 따른 수처리 효율

농공단지 폐수의 초기 pH를 3, 5, 7, 9 및 11로 조절하였을 경우의 COD처리율(Fig. 10)은 전기반응시간 5분 후에 각각 약 45, 53, 63, 60 및 50%로서 초기 pH 7에서 가장 높았고 그 후 전기반응시간이 경과할수록 처리율은 pH 7에서 가장 높았으나 전기반응시간 초기에 비해 처리율의 차이는 감소되었으며, 전반적으로 pH를 알칼리성으로 하였을 경우가 산성으로 하였을 경우에 비해 처리율이 높았다.

일반적으로 폐수의 전기화학반응시 pH는 중요한 인자로 단백질 함유 폐수처리에 있어서 최적 pH는 4인 것으로 알려져 있고 colloid성 오염물질이 많이 함유되어 있는 폐수에서의 최적 pH는 5~8인 것으로 알려져 있다⁶⁾. 본 실험에 사용한 농공단지 원폐수의 pH는 평균 6.8로서 최적 pH와 큰 차이가 없고 인위적으로 pH를 조절할 경우 많은 문제점이 수반될 뿐만 아니라 전기분해 시간이 길어질수록 처리율도 pH를 중성으로 했을 경우와 비슷해지는 경향이 있기 때문에 이후 실험에는 원 폐수의 pH를 조절하지 않고 실험하였다.

초기 pH 조절에 따른 탁도 처리율(Fig. 11)은 초기 pH를 3, 5, 7, 9 및 11로 하였을 경우 전기반응시간 2분후에 각각 약 84, 83, 85, 80 및 81%로서 모든 조건에서 약 80%이상의 높은 처리율을 나타내었으며, 그후 전기반응시간 30분까지 별 변화없이 전기반응시간 초기와 비슷한 처리율을 나타내었다.

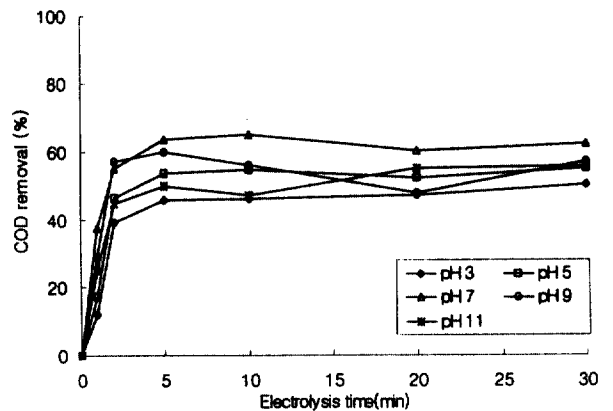


Fig. 10. COD removal according to the electrolysis time under the different pH in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

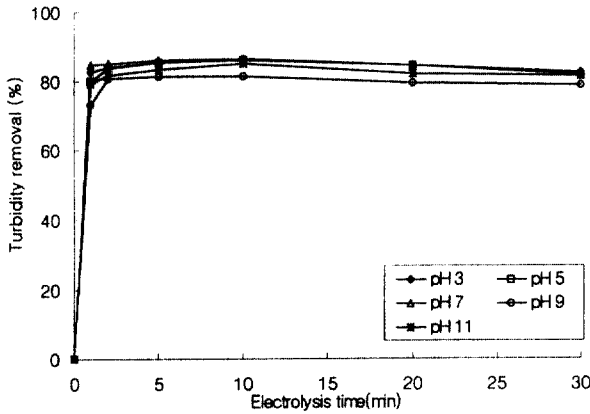


Fig. 11. Turbidity removal according to the electrolysis time under the different pH in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

T-N 처리율(Fig. 12)은 전기반응시간 10분 후 초기 pH 3, 5, 7, 9 및 11에서 각각 약 63, 63, 66, 74 및 76%로서 전반적으로 초기 pH가 높을수록 처리효율이 증가되었으며, 이는 pH가 높을수록 폐수중의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 질소가 NH_3 로 되어 대기중에 휘산되었기 때문인 것으로 사료되었다⁷⁾.

T-P 처리율(Fig. 13)도 초기 pH 3, 5, 7, 9 및 11에서 전기반응시간 2분 후에 각각 약 55, 79, 85, 89 및 89%로서 pH를 염기성으로 하였을 경우가 중성 및 산성으로 하였을 경우에 비해 처리율이 높았으며 그 후 전기반응시간이 경과함에 따라 약간 증가되어 전기반응시간 30분 후에는 각각 약 81, 89, 84, 96 및 84%로서 초기 pH를 9로 조절하였을 경우가 T-P처리율이 가장 높았다. 이와 같이 염기성에서 T-P의 처리율이 높은 것은 폐수중의 용해성 Al^{3+} , Fe^{3+} 등에 의하여 T-P가 결합되어 침전이 잘되기 때문인 것으로 사료되었다⁷⁾.

따라서 초기 pH조절에 따른 오염물질 처리효율은 전반적으로

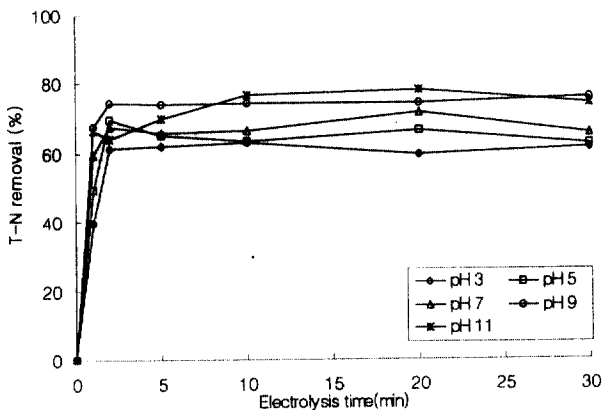


Fig. 12. T-N removal according to the electrolysis time under the different pH in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

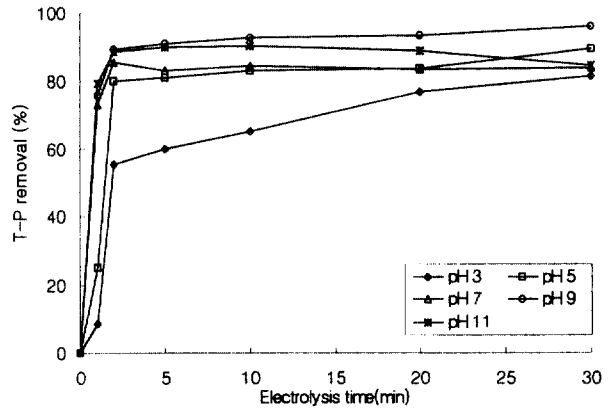


Fig. 13. T-P removal according to the electrolysis time under the different pH in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

pH가 염기성일수록 T-N 및 T-P 처리율이 높았으나 중성부근에서도 처리율이 양호하였으며, COD 처리율은 중성부근에서 처리효율이 양호한 것으로 나타났으므로 본 실험에서 사용한 농공단지 폐수의 효과적인 처리를 위해서는 약품사용 등을 고려해볼 때 pH를 중성부근 또는 원 폐수의 pH를 조절하지 않고 처리하는 것이 가장 경제적인 것으로 판단되었다.

NaCl 농도별 수처리 효율

전해용액인 NaCl 주입농도에 따른 COD 처리율(Fig. 14)은 NaCl 250, 500 및 1,000mg/l 주입농도에서 반응시간 5분 후에 각각 약 76, 74 및 84%로서 NaCl을 주입하지 않았을 경우에 비해 각각 약 22, 19 및 35% 증가되었으며 그 후 전기반응시간 30분까지 전기반응 초기에 비해 별 차이가 없었다. 그리고 NaCl 농도별로는 전기반응시간 10분까지는 NaCl 주입농도를 1,000mg/l로 하였을 경우가 COD 처리율이 가장 높았으나 그후 NaCl 주입농도를 500mg/l로 하였을 경우가 다른 주입농도에 비해 처리율이 높았다. 일반적으로 전해용액인 NaCl의 첨가로 전류량을 증가시켜 전기반응시간을 단축시킬 뿐만 아니라 치아염소산, 염소산 등을 생성시켜 COD 처리율을 상승시킨다고 알려져 있으며, Chung 등¹³⁾은 NaCl 첨가로 피혁폐수중의 COD를 95%까지 처리할 수 있는 것으로 보고하였다.

NaCl 주입농도에 따른 탁도 처리율(Fig. 15)은 NaCl을 주입하지 않았을 경우 전해시간 초기에 약 85%이었으며 그 이후에는 별 변화가 없었다. 그러나 NaCl을 첨가하였을 경우에는 전반적으로 전기반응시간이 증가함에 따라 탁도 처리율이 약간 증가하는 경향이 있었다. NaCl을 250mg/l 농도로 주입하였을 경우 탁도 처리율이 전해시간 10분까지는 NaCl을 주입하지 않았을 경우보다 낮았으나 그후에는 처리율이 높아졌다. 전기반응시간 30분 후 탁도 처리율은 NaCl 주입농도를 250, 500 및 1,000mg/l로 하였을 경우에 NaCl을 주입하지 않았을 경우에 비해 각각 약 8, 5 및 13%가 증가되었다.

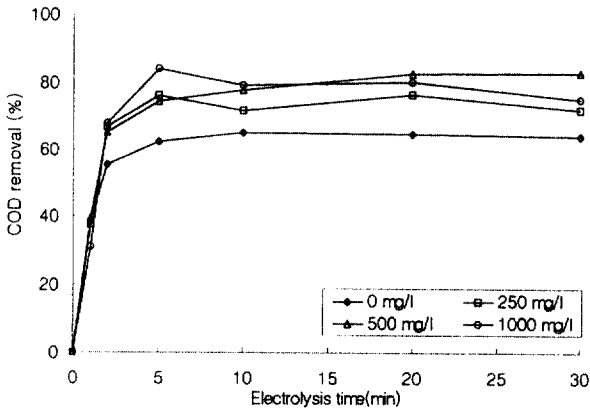


Fig. 14. COD removal according to the electrolysis time under the different NaCl concentration in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

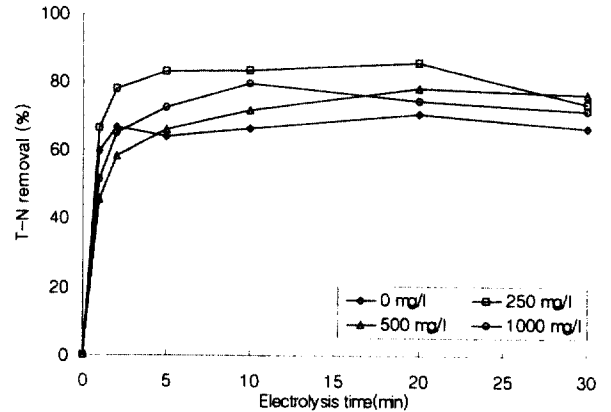


Fig. 16. T-N removal according to the electrolysis time under the different NaCl concentration at batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

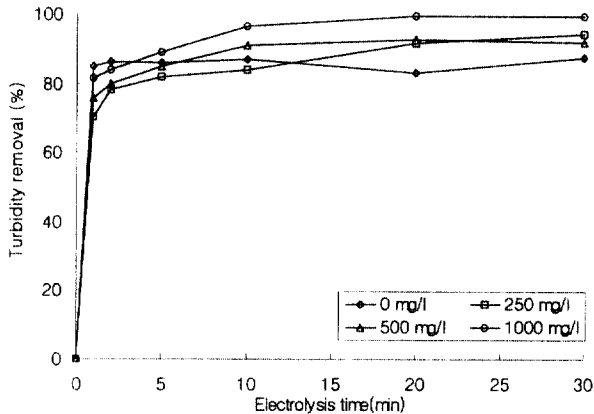


Fig. 15. Turbidity removal according to the electrolysis time under the different NaCl concentration in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

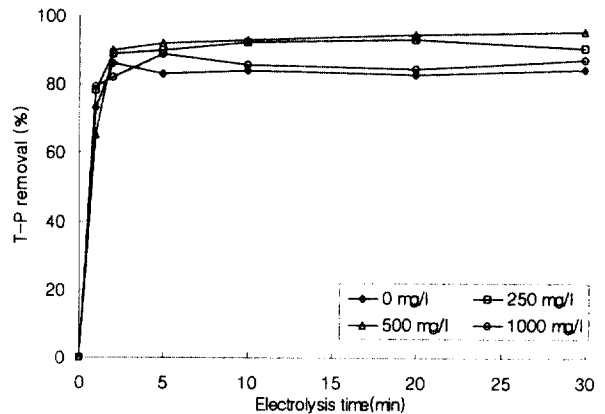


Fig. 17. T-P removal according to the electrolysis time under the different NaCl concentration in the batch electrolysis. The experiment was conducted under the conditions of 1cm of distance between two electrodes and 20 voltage.

T-N 처리율(Fig. 16)은 전기반응시간 5분 후 NaCl 주입농도 250, 500 및 1,000mg/l에서 각각 약 83, 66 및 72%로서 NaCl을 주입하지 않은 경우에 비하여 각각 약 29, 3 및 13% 증가하였다. 그 이후 전기반응시간 30분까지는 모든 조건에서 전기반응시간 초기에 비해 별 차이가 없었으나 NaCl 1,000mg/l로 하였을 경우 처리율이 약간 감소하였다.

T-P 처리율을(Fig. 17)은 전기반응시간 2분 이후 각각의 NaCl 주입농도 모두에서 약 80%이상 있었고 전기반응시간에 따라서는 큰 변화없이 비슷한 경향이였다. 그리고 NaCl 500mg/l을 주입한 경우의 전기반응시간 2분 이후에서 T-P처리율이 약 90~96%로 다른 조건들에 비하여 가장 높았고, 전기반응시간 5분 이후에서는 NaCl을 주입하지 않은 경우에서 약 83~85%로 가장 낮았다.

따라서 전해용액인 NaCl 주입에 의하여 오염물질 처리효율이 향상되었으며, NaCl 농도별로는 약 250~500mg/l 정도 주입하는 것이 농공단지 폐수를 효과적으로 처리할 수 있을 것으로 판단되었다.

사 사

이 논문은 (1998년) 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 진행되었음.

요 약

전기화학적 방법을 이용한 농공단지폐수의 효율적인 처리기술 개발을 위한 기초실험으로서 전압, 전극판 간격, pH 및 전해용액 주입농도 등에 따른 오염물질 처리효율을 조사한 결과는 다음과 같다.

전압별 전기화학반응조내 온도 및 pH는 전압이 높을수록 상승하였으나, EC는 전압별로 별 변화가 없었다. COD, 탁도, T-N 및 T-P의 처리율은 전압이 높을수록 증가하였으며 전압 20V일 경우 COD는 20분, 탁도는 30분, T-N 및 T-P는 2분일 때 각각

그 처리율이 약 65, 90, 68 및 84%로 가장 높았다.

전극판 간격별 COD 처리율은 전극간격이 좁아질수록 그리고 전기반응시간이 경과할수록 전반적으로 증가하는 경향이었으며, 탁도 처리율은 전극판 간격 모두 전기반응초기에 약 80%이상 처리되었고, T-N 처리율은 전극판 간격이 좁을수록 높았다. T-P 처리율은 전기반응시간 2분 후에 전극판 간격 모두에서 약 79% 이상 처리되었다.

초기 pH에 따른 COD 처리율은 전반적으로 pH 7에서 높았으며, 탁도 처리율은 전기반응시간 2분 이후의 모든 조건에서 약 80%이상 처리되었다. 그리고 T-N 처리율은 초기 pH가 높아질수록 증가하였고, T-P 처리율은 전기반응시간 2분 이후 초기 pH 5~9에서 약 79~96%로서 가장 높았다.

NaCl 농도별 오염물질 처리율은 전반적으로 NaCl을 주입한 경우가 NaCl를 주입하지 않은 경우에 비해 매우 높았으며, COD 및 T-P의 처리율은 NaCl 500mg/l, 탁도 처리율은 NaCl 1,000mg/l, T-N의 처리율은 NaCl 250 및 500mg/l에서 전반적으로 다른 조건에 비하여 높았다.

참 고 문 헌

1. Korea of Environmental Preservation Association, 1999, International environmental seminar on wastewater treatment technology, 105~342.
2. 한국산업단지공단 입지정보센터, 1998, 한국산업단지총람.
3. 중소기업진흥공단, 1998, 농공단지경영동향.
4. 김중택. 1997. 수질오염공정시험방법해설. 신평출판사.
5. Lenore, S. C., Arnold E. G. and Trusslee R. R. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA- AWWA-WPCF.
6. Jorge, G. I., Martha M. T., Ruben C. V., Sanjay B., Noseung M. and Krishnan R. 1995. Laboratory experiments on electrochemical remediation of the environment : Electrocoagulation of oily wastewater. *J. of Chemical Education*, 72(11) : 1050~1052.
7. Toshio, S., Masayoshi K. and Sankichi T., 1980, Development of water re-use treatment system for municipal wastewater, *Desalination*, 32 : 373~382.
8. Jorge, G. I., Singh M. M., Pike R. M. and Szafran Z., 1997, Laboratory experiments on electrochemical remediation of the environment, Part 2 : Microscale indirect electrolytic destruction of organic wastes, *J. of Chemical Education*, 74(12) : 1449~1450.
9. Sheng, H. L. and Chi F. P. 1994. Treatment of textile wastewater by electrochemical method. *Wat. Res.* 28(2) : 277~282.
10. Lee, M. K., Kang H. L. and Kim Y. C., 1997, The nitrogen removal in the tannery wastewater by the electrolysis treatment process, *J. of Env. Sci. and Tech. Res. Center, Kyungshung Univ*, 7(1) : 1~15.
11. Whang, G. D. and Kim B. H., 1994, Phosphorus removal by electrolysis with the iron electrodes in activated sludge process, *J. KSWQ*, 10(4) : 412~420.
12. Whang, G. D., Kim M. H. and Cho C. H. 1997. Phosphorus removal and nitrification of swine wastewater by electrolysis with the iron electrodes in activated sludge process. *J. of KSEE*, 19(10) : 1333~1344.
13. Chung, K. J., Kim D. M. and Lee D. H., 1995, An experimental study on the application of electrolysis to nightsoil treatment plant effluent, as a means of advanced treatment technology, *대한상하수도공학회*, 9(2) : 77~83.