

염색폐수의 전해처리 특성

전법주 · 윤용수

단국대학교 공과대학 화학공학과

Characteristics of Electrolytic Treatment of Dye Wastewater

Bup-Ju Jeon · Yong-Soo Yoon

*Department of Chemical Engineering, College of Engineering,
Dankook University*

Abstract

In this study, the effect of pH, Temp, dye concentration, distance of electrode, and the potential on the removal efficiency of dye-wastewater using electrochemical reaction were investigated. Optimum conditions for the electrochemical treatment of dye-wastewater were obtained that pH;7, 8V, electrode distance;1cm, and the reaction time for obtaining above 99% removal efficiency were 10 ~ 40min at each conditions. From this result, we can determine the instantaneous current efficiency and specific energy consumption, and we can provide the effective data for economical treatment of industrial dye-wastewater.

I. 서 론

산업폐수중 오염물질의 종류가 다양하고 난분해성 물질을 포함하고 있으므로 고도의 처리기술이 필요한 분야는 섬유, 피혁, 도금 업종에서 배출되는 폐수이며 특히 염색공정에서 배출되는 폐수는 염색공정에 사용되는 약품의 종류가 다양하기 때문에 BOD, COD, SS, pH, 색도 등이 높을 뿐 아니라 온도가 높으며 폐수의 질이 항상 일정하지 않아서 처리의 어려움이 많으며 염색이 완료된 섬유의 세척에 사용되는 다량의 물과 같이 배출되기 때

문에 폐수의 발생량이 대단히 많은 것으로 알려져 있다.¹⁾

이러한 염색폐수가 제대로 처리되지 않고 수계(水界)에 방류되는 경우 하천이 오염되어 하천 생태계가 파괴되고 중요한 수자원으로서의 가치를 상실하게 되기 때문에 효율적이고 적은 경비로 염색폐수를 처리할 수 있는 방안의 마련이 시급한 실정이다.

지금까지 염료 또는 염색폐수의 처리에 가장 널리 이용되고 있는 방법은 활성슬러지법을 이용한 염색폐수의 처리법으로는 폐수중 염의 농도가 높기 때문에 폭기조에 유입되기 전에 생물화학적 처리에 적합한 온도로 냉각

시키고 적당한 농도로 회석을 한 후 폭기조로 보내지고 일정시간 폭기 시킨 다음 생성된 고형물 제거를 위하여 침전분리한 후 최종적으로 색도를 제거하기 위하여 오존이나 염소를 이용한 화학적 산화처리공정을 거쳐 방류하고 있으나 처리 시간이 많이 소요될 뿐 아니라 약품사용량이 많아서 처리경비가 많이드는 단점이 있다. 또한 최근 Fenton 산화처리가 많이 이용되고 있으나 처리비용이 많이들고 가해진 과산화수소가 불안정할 뿐 아니라 슬러지가 많이 생성되는 단점이 있으며 신기술로 막분리법으로 폐수를 처리하고 있으나 초기 설비가 높고, 여과 저항이 크기 때문에 동력비가 많이 소요될 뿐 아니라 고농도로 농축된 농축폐액의 처리에 어려움이 남게된다.^{2,3,4,5,6}

따라서 본 연구에서는 온도의 조절이나 회석, 그리고 약품첨가가 필요 없을 뿐 아니라 발생하는 슬러지의 양을 제어할 수 있고 처리시간이 대단히 짧아서 폐수의 처리에 소요되는 처리장 면적을 최소화할 수 있는 장점을 갖고 있는 전기분해법에 의한 염색폐수의 처리에 있어서 폐수의 pH, 온도, 염료의 농도, 전극간격, 그리고 가해진 전압이 염료의 처리효율에 미치는 영향에 대하여 검토하고 각각의 처리조건하에서 처리효율과 전류이용효율(ICE), 그리고 염료 단위 질량당 소비되는 전력소비량(E_{cell})과의 관계를 비교, 검토함으로써 염색폐수의 특성에 따라 가장 효율적이고 경제적인 처리 조건을 설정 할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.^{7,8)}

II. 이 론

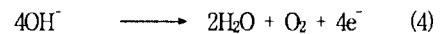
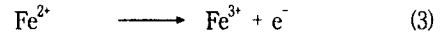
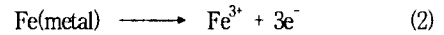
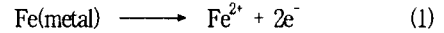
1. 전기분해 반응 특성

전기분해에 의한 폐수중의 오염물질이 제거되는 확실한 이론근거는 확립되어 있지 않지만 주로 전기적 응집(Electro-coagulation), 전기적 부상(Electro-flotation), 전기적 산화(Electrochemicaloxidation), 표면착화(Surface complexation), 정전기적 인력(Electrostatic attraction), 화학전환(Chemical modification), 화학침전(Chemical precipitation)등의 반응에 의해서 일어나는것으로 예측하고 있다.

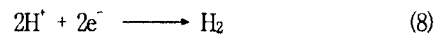
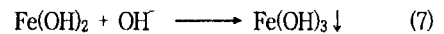
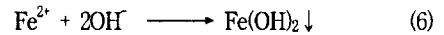
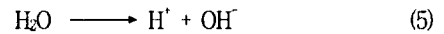
이중 전기응집(Electrocoagulation)과 전기적산화(Electrooxidation)반응이 폐수처리에 있어서 가장 핵심적 반응

으로 알려져 있으며 전해응집반응은 전해과정중 양극에서 생성되어 용해된 금속이온들이 가수분해되어 금속수산화물로 침전이 되고, 이때 생성된 금속수산화물은 화학적으로 만들어진 금속수산화물 보다 활성이 강하고 Zeta 전위가 낮기 때문에 응집, 흡착, 침강특성이 우수하여 폐수처리에 효과적이며 전기산화반응은 양극에서 생성된 O_2 가 유기물과 반응하여 직접 산화분해기침으로서 일어난다. 또한 음극과 양극에서 발생하는 수소와 산소기체에 의해 Gas Bubble이 형성되고 산화되거나 응집된 물질은 침전하거나, 생성된 기포들에 부착되어 부상되기도 한다. 금속수산화물생성 메카니즘은 다양하게 연구되어 왔으며 Fe전극을 사용했을 때 반응메카니즘은 다음과 같다.^{9,10)}

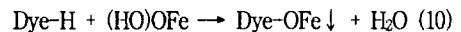
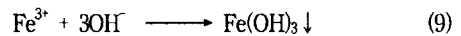
[Anode]



[Cathode]



양극에서 생성된 Fe^{3+} 은 알카리도와 결합하여 다음과 같은 반응단계에 의해 수산화물로 침전된다.



표면에서 일어나는 착화 이외에 나머지 오염물질들의 제거는 단순한 정전기적 인력에 의해 일어난다. Hydrus iron oxide는 표면의 여러가지 화합물과 결합하여 표면에 양전하와 음전하를 동시에 띠게 되며 따라서 반대전하의 인력에 의해서 폐수중의 몇 가지 용해성 성분들이 제거되게 된다.

침전반응은 폐수 중에 존재하는 반대전하를 가진 오염물질이 서로 반응하여 불용성의 물질로 형성되어 침전하는 것이 대체적인 이론이며 중금속 처리에 있어서도 가끔 유용하게 이용될 수 있으나 염료의 제거에는 한정된

의미만을 부여할 뿐이다.

식(4)와 같이 양극에서 발생된 산소에 의해 폐수중의 유기물은 산화에 의해 분해가 일어나며 특히 염료를 포함하는 경우는 산소에의해 발색단의 결합이 끊어져 탈색이 된다. 또한 식(8)에 의해 화학적 전환은 수소가스가 부상할 때 염료중의 많이 존재하는 C=C와 N=N 결합이 촉매적 수소화(Catalytic Hydrogenation)나 환원에 의해 위의 반응이 일어나는 것으로 보고 있다.

2. 전류이용효율(ICE)과 에너지 소비량(E_{sp})

폐수중의 유기물을 전기화학적 산화처리방법으로 처리하는데 있어서 소비된 전기량에 대한 제거된 오염물질의 양을 나타내는 전류의 이용효율의 계산은 대단히 중요하고 오염물질 단위 질량당 소비되는 에너지로 표시되는 에너지 소비량은 처리 방법의 선택기준이 되며 처리 경비의 큰 비중을 차지하므로 폐수처리 전체 운전 비용의 산정에 가장 중요한 인자로서 ICE와 E_{sp}는 다음과 같이 구할 수 있다.⁸⁾

(1) 전류 이용효율(Instantaneous current efficiency:ICE)

전류이용효율은 산소흐름법(oxygen flow rate method)과 COD법으로 구할 수 있으며 ICE 측정방법의 선택은 전해 반응물(Electrolysis product)의 용해도에 달려있다. COD법은 단지 전해반응생성물이 전해용액안에 녹아있을 경우만 사용하고, 산소 흐름방법은 전해반응 생성물이 물에 녹거나 녹지 않는 경우 모두 사용할 수 있다.

COD법에서 COD는 폐수의 반응전 COD와 일정시간 반응후의 COD로부터 다음 식 (11)과 같이 구할 수 있으며

$$ICE = \frac{([COD]_t - [COD]_{t+\Delta})}{8 \cdot I \cdot \Delta t} F \cdot V \quad (11)$$

where [COD]_t : Chemical Oxygen Demand at time t [gdm⁻³]

[COD]_{t,Δt} : Chemical Oxygen Demand at time t+Δt [gdm⁻³]

I : Current [A]

F : Faraday constant [96487 C eq⁻¹]

V : Volume of electrolyte [dm³]

본 연구에서는 식 (11)에서 COD 대신 반응전과 후의 염료 농도를 대입하여 소비된 전기량에 대한 염료의 제거량을 구할 수 있도록 변형시킨 식 (12)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$ICE = \frac{[Dye]_t - [Dye]_{t+\Delta}}{416 \cdot I \cdot \Delta t} F \cdot V \quad (12)$$

where [Dye]_t : Dye concentration at time t [gdm⁻³]

[Dye]_{t,Δt} : Dye concentration at time t+Δt [gdm⁻³]

(2) 에너지 소비량(Energy consumption)

폐수는 일반적으로 다양한 유기 오염물을 포함한다. 전기화학 처리동안 이들 오염물질과 그들의 산화 생성물의 분석은 복잡할뿐 아니라 전류효율과 유기탄소의 산화상태에 대해 직접적인 정보를 주지 못한다. 따라서 유기물을 포함하는 폐수의 전기화학적 처리에 대한 총괄개변수를 다음과 같이 정의하고 이로부터 염료 1kg당 소비되는 에너지소비량은 폐수의 전기화학적 산화처리의 운전 비용 계산에 있어서 가장 중요한 인자가 되며 유기성 오염물질의 단위 질량당 전력소비량은 식 (13)으로부터 구할 수 있으며

$$E_{sp} = 0.0644 \frac{V_c}{EOI} \quad (13)$$

where E_{sp} = Specific energy consumption

[kWh/kg-dye]

0.0644 = Conversion factor

V_c = Applied potential [V]

여기서 EOI는 반응시간동안의 평균 전류 효율로 표현되고 주어진 실험조건에서 유기성 오염물질의 전기화학적 산화능력을 나타내며 ICE와 Time Curve로부터 식 (14)와 같이 구할 수 있다.

$$EOI = \frac{\int_0^{\tau} ICE dt}{\tau} \quad (14)$$

where τ = time of electrolysis when ICE is almost zero

III. 실험

1. 시료의 준비

본 실험에서 사용한 염료폐수는 실제 현장에서 사용하는 염료중 분해가 가장 어렵다고 확인된 산성염료 Red 114를 선택하였다. 전기화학적 처리를 위한 시료는 염료를 각각 1.5, 3, 6 g을 단계별로 취하고 수욕조에서 요구하는 온도로 유지된 증류수에 녹여 각각 500, 1000, 2000 mg/l 가 되도록 조제하였으며 각각의 농도에서 전기전도성을 부여하기 위하여 전해질의 농도가 0.5, 1.0, 2.0 wt% 가 되도록 첨가하였다.

2. 실험장치

반응기는 3L 크기의 아크릴 재질의 전극반응기를 제작하여 사용하였고 전극은 면적이 100 cm²인 철판과 알루미늄판을 사용하였고 전원 공급은 자체 제작한 DC Power Supply를 사용하였으며 실험장치 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

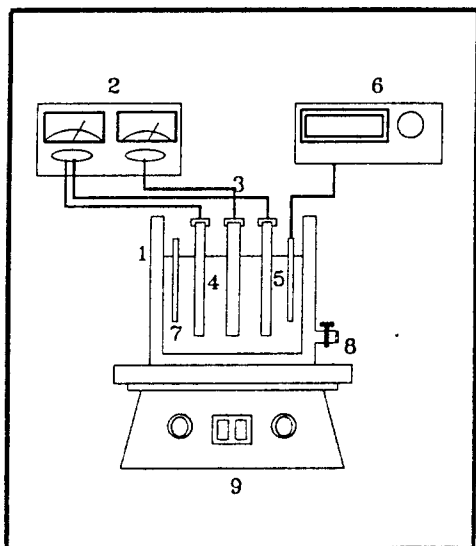


Fig 1. Experimental apparatus for the electrolysis.

3. 실험 및 분석방법

(1) 실험 조건

본 연구의 실험에 대한 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental condition

Dye concentration	500, 1000, 2000ppm
Electrolyte concentration	0.05, 0.1, 0.2%
Temperature	25°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C
Voltage	4 - 9 volt
pH	3 - 8
Reaction time	5 - 60min
Electrode distance	1 -3 cm

(2) 실험 방법

염료의 농도는 500, 1000, 2000 mg/l이 되도록 증류수에 녹인 후 조제한 용액을 반응기에 넣고, 전해질의 양에 따른 전해반응효과를 측정하기 위하여 전해질의 농도를 0.05, 0.1, 0.2 wt%가 되도록 NaCl을 용해시켰다.

pH는 0.1N-H₂SO₄, 0.1N-NaOH용액으로 반응조건에 따라 조절하였다. 정확한 pH의 측정을 위하여 pH meter(Orion, 520A USA)을 사용하였다. pH측정시 반응기내 용액의 pH가 균일하도록 충분한 시간동안 혼합하였다.

반응전 폐수의 전기전도도를 Conductivity meter(Orion, model 124, USA)로 측정하고 불안정한 전원공급을 방지하기 위하여 Multi-Tester를 이용하여 오차를 보정 하였다.

전극과 전극사이의 간격은 1, 2, 3 cm가 되도록 설치하고 양극과 음극에 전원을 연결한 후 일정한 교반속도를 유지하며 전기분해 반응을 시작하였다.

전기분해 과정에서 전극판에서 생성되는 이온들에 의하여 전기전도도는 계속 증가하므로 매 2분 간격으로 전류를 측정하여 시간의 변화에 따른 전류효율을 계산에 이용하였다.

반응시간은 각각 최저 5분에서 최고 60분까지 8단계로 나누어 실시하였고, 반응이 끝난 후 5분 동안 침전시킨 후 각각의 시료를 채취하였다. 여과지를 사용하여 채취한 시료를 여과시켜 여액을 분취하고, 색도를 측정하기 위해 UV-visible spectrophotometer(Hewlett packard

8452, USA)를 이용하여 각각의 시료를 30개 파장에서 측정하여 염료의 농도를 측정하였다.

염료폐수의 농도 측정은 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 전 파장 영역에서 흡광도를 측정하여 1~5 mg/l의 농도범위에서 검량선을 작성하고 처리수의 흡광도는 1~5 mg/l의 농도범위가 되도록 회석하여 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 최적 pH의 결정

염료폐수의 처리에 있어서 최적 pH조건을 얻기 위하여 염료의 농도를 500 mg/l로 조제하여, NaCl 농도 0.05 wt%인 조건에서 0.1N-H₂SO₄과 0.1N-NaOH 용액으로 초기 pH를 4, 5, 6, 7, 8로 조절하고 변화시키면서 30분간 전해처리시킨 후 남아있는 염료의 농도를 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 측정하고 제거율을 구한 결과 Fig. 2와 같이 나타났다.

Fig. 2에 나타난바와 같이 전해산화반응에 의한 염료폐수의 처리효율은 pH가 낮은 영역에서는 처리효율이 낮고, 점차 pH가 높아질수록 제거효율이 높아지는 것으로 나타났다.

이는 낮은 pH영역에서는 양극에서 용출된 Fe이온이 수산화철로 침전되지 않고 용존하여 전해응집반응은 일어나지 않고 전해산화반응만이 일어나기 때문인 것으로

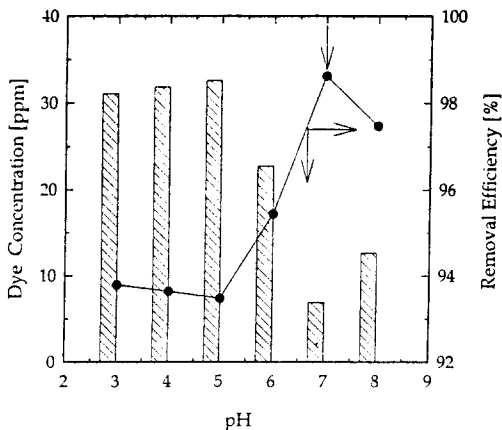


Fig 2. Comparisons of concentration for treated dye wastewater with pH by electrolysis

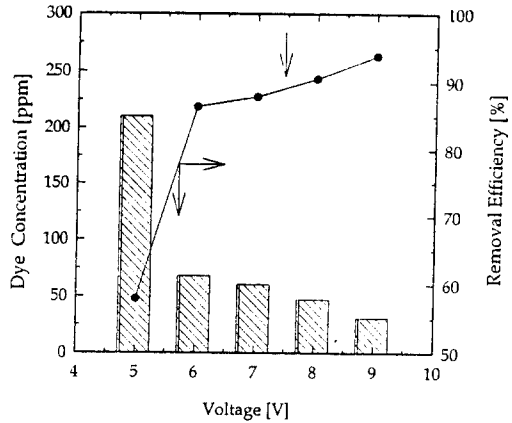


Fig 3. Comparisons of concentration for treated dye wastewater with voltage by electrolysis.

볼 수 있다.

2. 최적전압의 결정

염료폐수의 처리에 대한 최적 전압을 결정하기 위하여 외부전압을 각각 5 - 9V범위에서 1V간격으로 조절하고 10분간 처리한 후 처리수의 염료농도를 측정하여 이로부터 제거율을 구한 결과는 Fig. 3과 같이 나타났다.

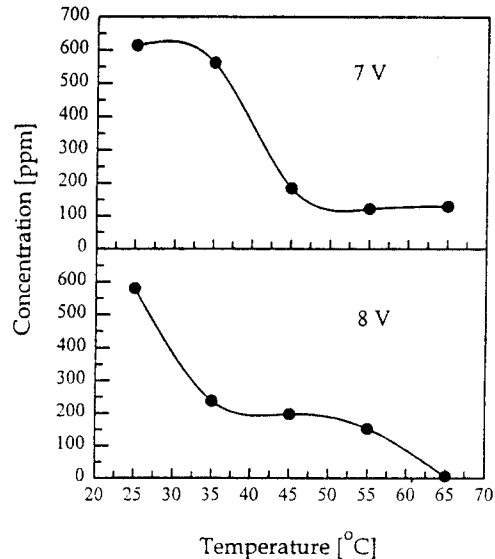


Fig 4. Comparisons of concentration for treated dye wastewater with temperature by electrolysis.

Fig. 3에 나타난바와 같이 전압이 증가할수록 처리효율은 크게 증가하였으며 8V이상의 전압에서는 완만하게 증가함을 보였다. 이로부터 낮은 전압이 염료를 산화시킬 수 있는 충분한 driving force가 되지 못함을 알 수 있고 충분한 반응을 일으킬 수 있는 한계전압 전압 이상에서는 전류밀도가 가해진 전압에 직선적으로 비례하기 때문에 처리효율 역시 일정하게 증가하게 되므로 본 실험에서 최적조건을 7, 8V로하여 결정하였다.

3. 온도에 따른 처리효율 변화

염색폐수의 온도가 비교적 높은 편이므로 온도가 처리효율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 염료의 농도를 2000 mg/l로 조제한 후 전해질 농도 0.05 wt%, 반응시간 20분 pH 7, 전압 7, 8 V일 때 경우 각각의 반응온도에서 염료의 제거율을 구하여 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 반응온도가 45 °C까지는 반응온도가 증가할수록 처리효율이 높아지는 경향을 보이고 있으며 이러한 현상은 온도가 증가할수록 활성화에너지가 증가하여 반응속도 상수를 증가시킨 것으로 사료된다. 그러나 45 °C이상에서의 처리효율은 크게 변하지 않은 것으로 보아 처리시 온도조절이 필요치 않으므로 냉각에 소요되는 경비를 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 전극간격에 따른 처리효율 변화

전극간격에 따른 처리효율의 변화를 알아보기 위하여 염료의 농도와 전해질 농도를 변화시켜 가면서 전극간격을 1, 2, 3 cm로 변화시켜 실험하였다. 이 때 반응온도는 25 °C, 전압은 8 V, 초기 pH는 7로 조절하여 실험한 결과 염료 제거율은 Fig. 5와 같이 나타났다.

Fig. 5에 나타난 바와 같이 전극간격은 1 cm일 경우 가장 좋은 제거율을 보이고 있으며 이러한 현상은 전극간격이 멀어질수록 용액중에서 전기전도도는 일정하지만 전류의 흐름이 전류의 흐름에 대한 저항이 커지기 때문에 전류밀도가 작아지기 때문에 전해산화반응과 전해음집반응이 일어나는데 필요한 driving force가 작기 때문인 것으로 사료된다.

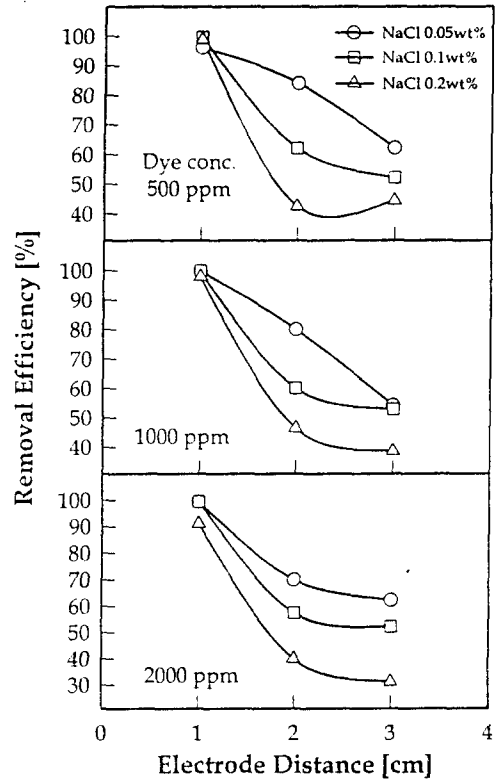


Fig 5. Comparisons of concentration for treated dye wastewater with electrode distance by electrolysis.

5. 염료의 농도에 따른 처리효율 변화

염료의 농도가 처리효율에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 염료의 농도가 0.05, 0.1, 0.2 g/l, 전압 8 V, 전해질 농도 0.05, 0.1, 0.2 wt%의 조건에서 반응시간에 대한 처리수의 농도와 제거율을 구한 결과 Fig. 6과 같이 나타났다.

Fig. 6에 나타난 것처럼 반응시간에 따른 각각의 염료농도에 대한 제거율 변화는 같은 경향성을 나타내고 있으나 염료의 농도가 낮을수록 전해반응속도가 빠르게 나타났다. 이는 전해반응속도(분해되는 염료의 양)는 전류밀도에 비례하므로 낮은 염료농도에서는 일정한 제거율에 도달하는 시간이 단축됨을 알 수 있었다.

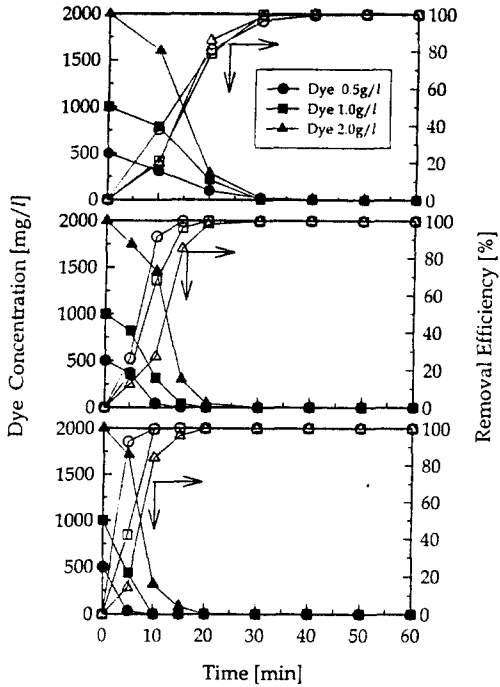


Fig 6. Variations of dye concentration and removal efficiency with time and electrolyte concentration at 8V.

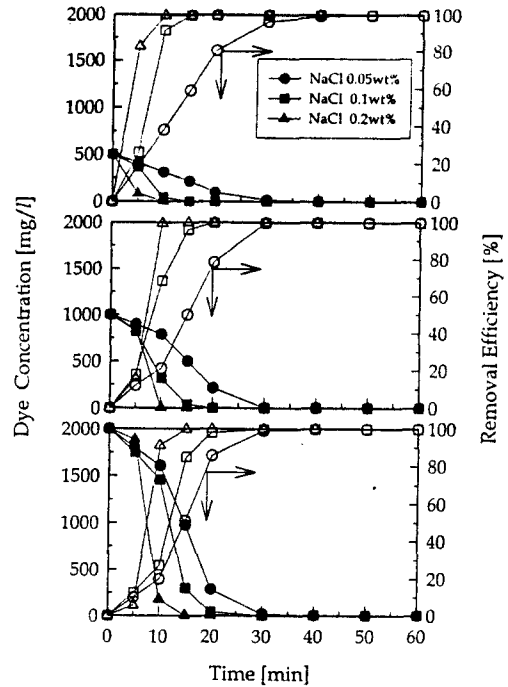


Fig 7. Variations of dye concentration and removal efficiency with time and dye concentration at 8V.

6. 전해질의 농도에 따른 처리효율 변화

염료의 농도를 0.5, 1.0, 2.0 g/l의 농도로 조제하고 전해질의 농도가 0.05, 0.1, 0.2 wt%가 8 V전압하에서 전기분해한 결과 Fig. 7과 같이 나타났다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 염료농도가 일정할 때 전해질의 농도가 증가할수록 처리속도가 빨라졌으며 99 %제거율에 도달하는 시간이 앞당겨짐을 알 수 있었다. 이러한 현상은 전해질의 양이 증가할수록 전기전도도가 증가하여 전류밀도가 증가하기 때문에 철의 용출속도가 빨라져 전해산화반응과 용출된 철이온이 수산화철 생성에 의한 전해응집이 일어나기 시작하는데 소요되는시간이 짧아지고 철수산화물의 생성속도도 빨라져 전해응집반응이 잘 일어날 뿐 아니라 양극에서 단위시간에 발생하는 산소의 양이 많으므로 전해산화반응속도도 빨라져 염료의 전해처리에 대한 총괄반응속도가 증가하기 때문이다.

7. 염료의 농도에 따른 ICE의 비교

폐수중의 유기물을 전기화학적 산화처리방법으로 처리하는데 있어서 전류의 이용효율의 계산은 대단히 중요하며 처리 방법의 선택기준과 처리 경비의 대부분의 비중을 차지하므로 유기물 단위 질량당 소비되는 전력량은 폐수처리 전체 운전 비용의 산정에 가장 중요한 인자가 된다.

전압이 8 Volt일 때 반응전과 후의 염료 농도를 식(12)에 대입하여 ICE를 구한 결과 Fig. 8과 같이 나타났다.

$$ICE = \frac{[Dye]_t - [Dye]_{t+\Delta t}}{416 \cdot I \cdot \Delta t} F \cdot V \quad (12)$$

Fig. 8에 나타난바와 같이 반응초기에는 반응시간이 경과함에 따라 ICE 값이 증가하다가 일정 시간 경과 후 최대값을 나타낸 후 감소하였다. 이는 반응초기에는 양극에서 철이온이 충분히 생성되지 않았으므로 전해응집반

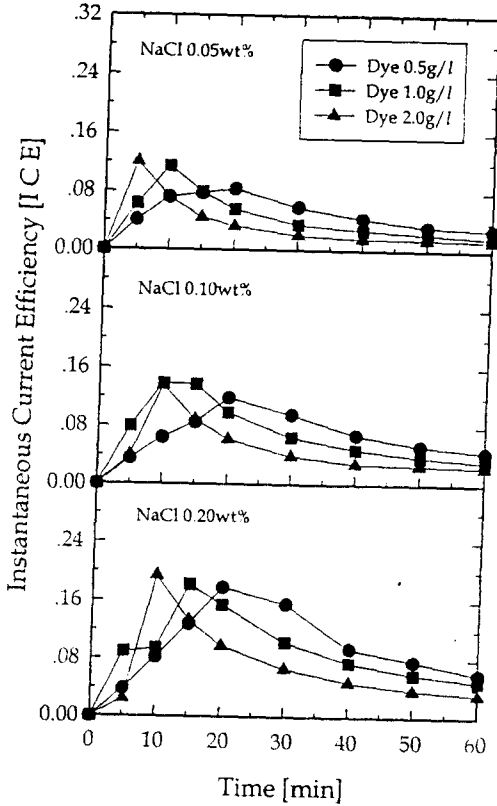


Fig 8. Variations of ICE with time and electrolyte(NaCl) and 8V.

용이 원활히 일어나지 않고 전해산화반응만이 전체반응을 지배하기 때문에 ICE값이 작게 나타났으며 반응시간이 경과함에 따라 전해용집에 필요한 철수산화물이 생성되어 전해산화반응과 전해용집반응이 동시에 일어나며 아직 충분한 염료가 남아 있으므로 식(12)의 $([Dye]_t - [Dye]_{t+\Delta})$ 의 값이 크기 때문에 ICE 값이 크게 증가하여 최대값을 나타낸 후 ICE 값이 감소하는 이유는 반응시간 20분까지는 반응이 활발히 진행되다가 반응물이 감소되어 시간의 변화에 따른 농도변화의 폭이 작아지기 때문인 것으로 볼 수 있다.

Fig. 8(a)에 나타난바와 같이 염료의 농도가 2000 mg/l 일 경우 반응시간 5분 경과 후 최대값이 나타났으며 염료의 농도가 1000, 500 mg/l일 때 최대값을 나타내는 반응시간이 10, 20분으로 지연되는 현상을 보이고 있다. 이

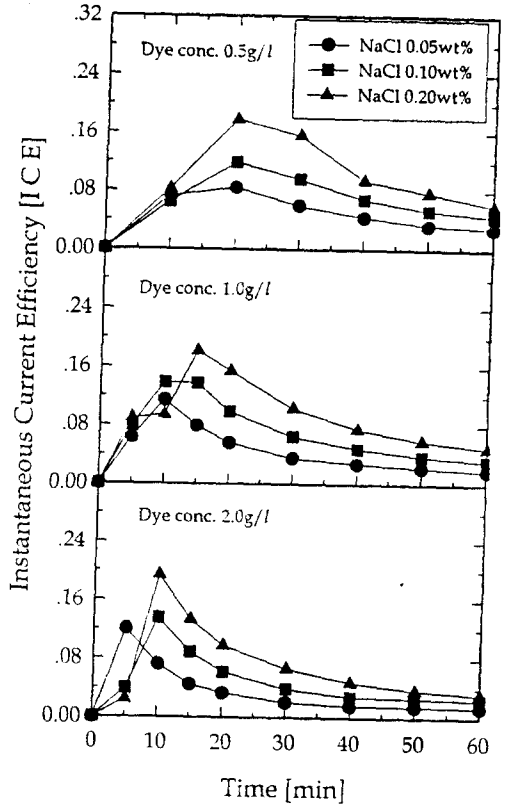


Fig 9. Variations of ICE with time and dye concentration and 7V.

러한 현상은 반응물의 농도가 높은 경우 식(12)에서 $[Dye]_t$ 가 크기 때문에 시간의 변화에 따른 염료의 농도변화 $([Dye]_t - [Dye]_{t+\Delta})$ 가 증가하기 때문이다.

간이 변화에 따른 농도변화의 폭이 작아지기 때문인 것으로 볼 수 있다.

8. 전해질농도에 따른 ICE값의 비교

전압이 8 V이고 염료의 농도가 각각 500, 1000, 2000 mg/l일 때 NaCl의 농도가 ICE값에 미치는 영향을 알아보기 위하여 반응시간의 변화에 따른 ICE 값을 계산하여 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9(a)에 나타낸바와 같이 염료의 농도가 500 mg/l 경우 ICE의 최대값은 약 5~20분의 반응시간 범위에서 나타났으며 시간이 경과함에 따라 그 값이 점점 감소하는 경향을 보이고 있으며 전해질농도가 높을수록 최대 ICE 값에 도달하는 시간이 짧아짐을 알 수 있다.

염료의 농도가 1000, 2000 mg/l일 때 NaCl농도에 따라 ICE값을 비교해보면 염료의 농도가 증가함에 따라 ICE값은 높게 나타남을 알 수 있고 최대 ICE 값에 도달하는 시간은 거의 비슷하게 나타났다.

9. 염료의 농도와 전해질농도에 따른 E_{sp}

염료의 제거효율이 99 %에 도달할 때 까지의 ICE 값으로부터 식(14)를 이용하여 EOI 값을 계산하고 염료 1kg당 소비되는 에너지소비량을 나타내는 E_{sp} 를 식(13)으로 구한 결과 Table 2와 같이 나타났다.

Table 2 Calculated EOI and E_{sp} at each condition

	NaCl Conc.	EOI 8volt	E_{sp} 8volt
Dye conc. 500mg/ l	0.05%	0.0649	7.9380
	0.1%	0.0855	6.0257
	0.2%	0.0790	6.5220
Dye conc. 1000mg/ l	0.05%	0.0930	5.5398
	0.1%	0.1133	4.5470
	0.2%	0.0812	6.3450
Dye conc. 2000mg/ l	0.05%	0.1275	4.0408
	0.1%	0.1210	4.2470
	0.2%	0.0969	5.3179

Table 2에서보면 최저 E_{sp} 는 초기 pH가 7, 전압이 8 V, 염료 농도가 2000 mg/l, 전해질 농도가 0.05 wt%일 때 4.0408 kWh/kg-dye로 나타났으며 실제 폐수의 처리에 있어서는 폐수의 특성이 달라지기 때문에 폐수의 특성에 따라 Table 2를 이용하여 에너지 소비량을 예측할 수 있을 것이다.

V. 결 론

전기분해에 의한 염색폐수 탈색공정의 처리효율과 전류이용효율특성에 대한 연구를 위하여 철판을 양극으로

하고 알루미늄을 음극으로한 전해탈색 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 염료폐수의 전해처리에 대한 최적 pH는 7, 최적전압은 8 V이다.
2. 전해질의 농도가 높을수록 처리효율이 높게 나타났다. 따라서 실제 염색폐수는 전기분해에 필요한 충분한 전기전도도를 갖고 있으므로 전해질의 첨가 없이도 처리가 잘 될 수 있다.
3. 온도가 증가할수록 제거율은 높게 나타났으며 이로부터 온도가 높은 폐수를 냉각을 거치지 않고 처리할 수 있다.
4. 에너지 소비효율은 염료농도 2000 mg/l일 때 4.0408 kWh/kg-dye로서 가장 낮게 나타났으며 각각의 조건에서 구해진 에너지 소비효율로부터 전해처리에 대한 운전비용을 예측할 수 있다

따라서 본 연구결과로부터 염색폐수를 효율적으로 처리할 수 있고 처리비용을 예측할 수 있는 방법을 제공하여 상업적인 응용에 기초자료로 활용 할 수 있으며 앞으로 본 처리방법을 바탕으로 연속식 반응기에 적용함으로써 염색공장의 폐수 처리에 효율적인 처리방안을 마련할 수 있을것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 환경처 : 91' 폐수배출시설 조사 결과보고서, 138, 1992.
2. Gordon mckay : American Dyesutt Reporter, March, 38, 1973.
3. W, G, Kuo : Wat. Res., 26, 7, 881, 1992.
4. 오동규 : 펜던시약을 이용한 폐수중 유기물의 산화처리, 인하대학교 박사학위논문, 1993.
5. 板倉辰夫 : 公害對策 & 技術開發, 5(2), 52, 1973.
6. James M. Green and Cynthia Sokol : American Dyestutt Reporter, April, 1985.
7. Sheng H. Lin and Chi F. Peng : Water Res., 28, 2, 272, 1994.
8. C. A. C Sequeira : Environmental Oriented Electrochemistry, Elsevier, 1994.

9. 김운수 : 전해법에 의한 Polyvinyl Alcohol함유폐수 처리에 관한 연구, 경희대학교 박사논문, 1991.

10. 伴繁雄, 唐澤孝男, 若林弘一, 澤義夫 : 工業用水, 232, 53, 1978.