

TiO₂/H₂O₂/UV공정을 이용한 염색폐수처리에 관한 연구

조일형 · 정효준 · 박경렬* · 성기석* · 이용규* · 이흥근

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

우송공업대학 환경공업과*

A Study on the Treatment of Dyeing Wastewater Using TiO₂/H₂O₂/UV Processes

Il Hyoung Cho · Hyo Joon Jeong · Kyung Yeul Park*

Gi Seok Sung* · Yong Gyoo Lee* · Hong Keun Lee

Department of Environmental Health,

Graduate School of Public Health, Seoul National University

*Dept. of Environmental Industry, Woo-Song Technical College**

Abstract

In order to treat the dyeing wastewater, the UV/TiO₂/H₂O₂ system was investigated, and proper pretreatment methods were examined to reduce the load on the system considering economical and technical efficiency. The results of this study were as follows:

1. UV/TiO₂/H₂O₂ system with pretreatment process was adopted, the result of Chemical coagulation and pH control units was pH 11 → coagulation → pH 4 and the optimum dosage of FeCl₃ was 600mg/ℓ
2. Proper dosage of TiO₂ in the UV/TiO₂/H₂O₂ system with pretreatment process was 2g/ℓ and H₂O₂ was 1000mg/ℓ, UV contact time was 20min to get below 200mg/ℓ of COD_{Cr}.

I. 서 론

우리 나라의 대표적인 오염산업으로 분류되는 염색공업 관련업체는 총 폐수배출업체중 약 6%를 차지하고 있으나, 오염부하량은 전체의 약 24%를 차지하고 있어 공공수역에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다¹⁾. 특히 이들 폐수에는 색소화합물과 PVA 등이 조염제, 합성세제 등 난분해성 물질들이 함유되어 있기 때문에 응집, 침전처리 및 활성슬러지 공법을 이용하여 처리할 때 슬러지 팽화와 같은 문제가 자주 발생하고 BOD, COD, SS 등

의 처리효율이 좋지 못하며 색도에 대한 처리가 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 염색폐수는 염색공정에 사용되는 염료나 매염체 등의 종류가 전혀 다르기 때문에 폐수성상도 일반적으로 매우 복잡하며, 작업공정의 가동상황에 따라 수질의 일간 변동이 매우 큰 것이 특징이다²⁾.

염색폐수는 다양한 유기물을 함유하고 있으며 색도, 알칼리도, pH 및 수온 등이 아주 높아 적절한 처리 없이 주변하천으로 방류될 경우에 높은 확산성 때문에 미생물에 의한 자연정화작용을 방해하고 심미적으로 불쾌감을 유발시킬 뿐만 아니

라 태양광선 투과율을 방해해서 수계의 생물학적 반응과 생산성을 저해한다^{3,4}, 더욱이 염료는 유기체에 대해 독성을 가지고 있어 수생 생태계를 파괴하기도 한다⁵.

독성 및 난분해성 유기물질을 함유한 폐수는 기존의 생물학적 처리 방법으로는 처리에 어려움이 있다. 따라서 이러한 물질을 함유한 폐수를 처리하기 위해서는 화학적 산화 방법을 적용하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 고급산화공정(AOPs)을 포함한 화학적 산화처리 공정은 생물학적처리와 함께 특정 폐수의 처리에 주로 사용되고 있다. 고급산화공정(AOPs)은 난분해성⁶, 독성폐수⁷, 생물학적으로 완전히 처리가 불가능한 혼합폐수⁸에 선택적으로 혹은 단독으로 사용할 수 있다. 본 연구에서는 염색폐수처리를 위한 광촉매 반응 시스템의 적용가능성을 검토하고자 하였으며, 이와 관련하여 시스템의 경제성을 고려해 적절한 전처리 공정을 도입하여 최종부하를 줄이고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 대상 염색폐수의 특성

Table 1은 본 연구 대상인 염색폐수의 성상분석 결과이다. 이 염색폐수의 성상을 보면 pH가 상당히 높은 알칼리성을 띠고 폐수의 온도가 상당히 높아 표면으로의 산소 전달율이 낮아 기존 생물학적시스템에서 폭기조의 미생물 성장에 필요한 적정 용존 산소를 유지하는데 어려움이 생길 것으로 판단된다.

또한, 상당히 높은 색도는 1352 Uniti PtCo Color 이상으로 발생되어, 하천에 방류될 경우 일광을 흡수하여 미생물에 의한 자연자정 작용을 저해시킬 가능성을 내포하고 있으며, 생물학적인 처리 방법으로 처리하기에는 어려움이 있다. 색도는 비록 엄격하지 않다고 하여도 가시적, 심리적 영향이 크므로 처리해야 할 필요성이 있는 것으로 판단된다. 또한 BOD₅/COD_{Cr}이 0.18 이하로 생분해도가 낮아 생물학적 처리의 단독 적용으로는 적정 처리에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 마지막으로, 높은 알칼리도와 현탁고형물은 빛의 투과도를 감

Table 1. Characteristics of Dyeing Wastewater (2000. 1. ~ 2.)

(Unit : mg/ℓ except pH)

Constituents	Concentration(mg/ℓ)
pH	11.1 ~ 11.8(11.5)
COD _{Cr}	970 ~ 1022(996)
COD _{MN}	450 ~ 420(435)
TOC	527 ~ 578(552.5)
BOD ₅	150 ~ 230(190)
SS	58 ~ 74(66)
NH ₃ -N	5.5
NO ₂ -N	7.2
NO ₃ -N	3.4
T-Cr	0.023
Cu	0.110
Zn	0.345
Pb	ND
Hg	ND
Cd	ND
Color(Uniti PtCo Color)	1258 ~ 1455(1352)

1) All measured data are based on average values

2) ND is not detectable.

소시켜 광촉매 산화반응의 효율을 저하시키는 원인이 되므로 적절한 전처리를 통하여 알칼리도와 현탁고형물을 제거할 필요성이 있다.

2. 실험장치

본 연구에서 이용한 순환식 반응기는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 반응기컬럼, 자외선램프, 자외선램프고정판 등으로 구성된 반응기와 용액저장조, 교반기, 순환펌프 등으로 이루어졌다. 또한 용액저장조의 반응용액은 정량펌프(Master Flex 7592-50, Cole-Parmer Instrument Co.)를 이용 반응기컬럼으로 유입되도록 하였으며, 반응기컬럼 유출부에서 나오는 반응용액은 3방 밸브(3-way valve)를 이용하여 시료 채취와 용액 저장조로의 이송이 가능하도록 하였다.

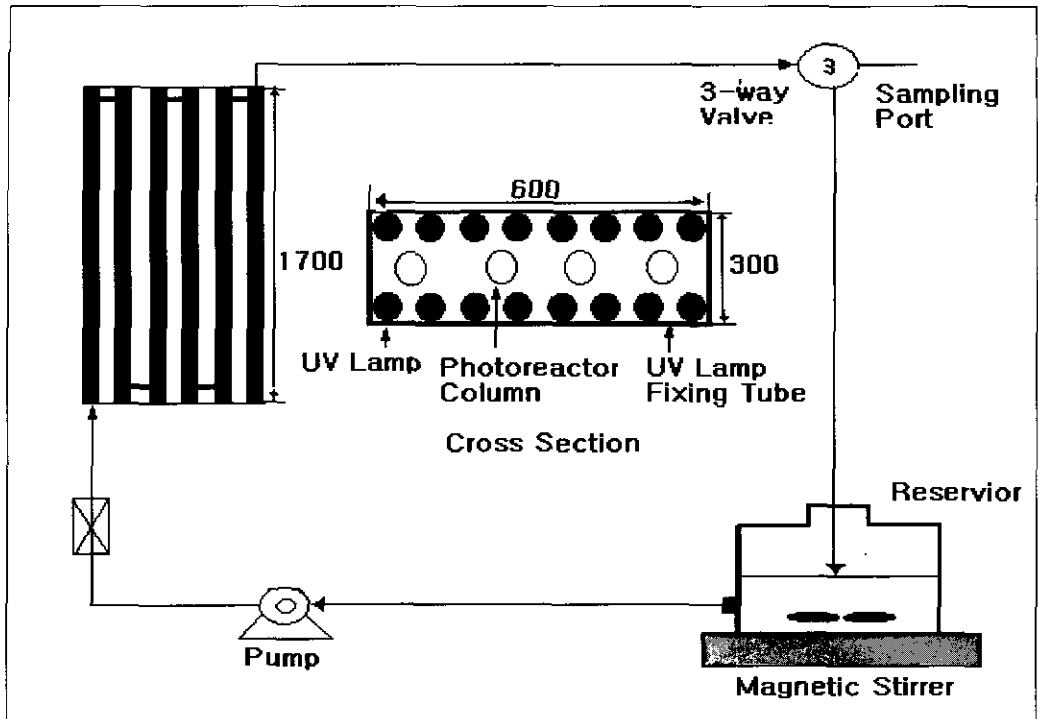


Fig. 1. Schematic diagram of the circular type photocatalytic reactor system.

광촉매반응에 사용된 반응기컬럼은 자외선이 투과 가능한 석영관(Quartz tube)으로서 1개의 용량이 0.47 l (20mm(직경)×1500mm(길이)×2mm(두께))이며, 자외선램프의 중앙에 4개를 설치하여 사용하였으며, 반응기컬럼과 자외선램프 사이의 거리는 70 mm이었다.

광원은 315~400nm의 파장영역과 368nm에서 중심파장을 가지는 직경 32mm, 길이 1200mm인 40W 자외선램프(blacklight blue lamp : General Electrics Co., F40BLB) 16개를 사용하였으며, 자외선이 외부로 반사되는 것을 차단하고 반응기컬럼 전 영역에 자외선이 균일하게 조사될 수 있도록 폭 600mm, 길이 1700mm, 높이 300mm인 아크릴 자외선램프 고정관의 위 아래로 각각 8개씩 고정하였다. 반응기컬럼 중앙에서 측정된 자외선램프 1개의 세기는 15W/m²(VLX-3W RADIOMETER, Cole Parmer Instrument Co)이었다. 3 l 용량의 용액저장조는 상부를 개방하여 공기에 노출되도록 하였으며, 하단에는 교반기를 설치하여 반응용액이

균질상태를 유지하도록 하였다.

또한 Table 2는 실험장치의 사양과 운전조건을 나타낸 것으로 전체 5 l의 용량이 광촉매반응기에서 자외선에 의한 접촉하고 있는 부피는 약 1.88 l 정도이다. 따라서 자외선에 의한 대상 염색폐수의 접촉시간 및 체류시간을 고려한 것이다.

Table 2. Operation Conditions and other Specifications of the photocatalytic system

Total volume(batch volume)	5 l
Actual contact Volume (photocatalytic volume)	1.88 l
UV wavelength(UV-B)	368nm(BLB)
Volumetric flow rate (contact time)	4.7 l/min (17sec)
Initial TiO ₂ dosage	1g/l
Initial H ₂ O ₂ concentration	300mg/l
Electric work for total system	0.64kWh

Table 3. Item and method for sample analysis

Items	Analytical Method
pH/ORP	Electrode(Ag/AgCl) Method(115PO, Istek Co.)
BOD ₅	Winkler Azide Modification Method(20, 5day) ⁹⁾
COD _{Cr}	Colorimetric Method(UV-1201, Shimadzu Co.) ⁹⁾
COD _{Mn}	Titration Method ⁹⁾
TOC	TOC analyzer(TOC 5000A, Shimadzu Co.)
SS	Gravimetric method (φ 47mm GF/C filter) ⁹⁾
NH ₃ -N	Electrod Method ¹⁰⁾
NO ₂ -N	Colorimetric Method ¹⁰⁾
NO ₃ -N	Cadmium Reduction Method ¹¹⁾
Color	UV-Visble Spectrophotometer (UV-1201, Shimadzu Co.) ¹⁰⁾
Heavy -metal	Induced Coupled Plasma ¹⁰⁾ (Perkin-Elmer optima 3000DV)
Alkalinity	Titration Method ¹⁰⁾

3. 실험방법 및 분석

연구 대상으로 선정된 P 염색공단 폐수처리장의 1차 침전조에서 유입되는 곳에서 시료를 100 l 채취하였다. 폐수의 성상을 균일하게 유지하기 위하여 혼합탱크에 넣고 혼합교반한 후 시료로 사용하였다. 본 연구의 대상물질은 실제 처리 공정의 효율을 평가하기 위한 여러 가지 측정값을 고려할 수 있으나, 여기서는 현재 국내 폐수의 방류기준이 되는 가장 중요한 유기화합물인 COD, BOD, TOC를 기준으로 하였다.

또한, 경제적 및 효율성을 감안하여 광촉매시스템의 부하를 줄이기 위한 방법으로 응집 및 pH 조절으로 전처리 실험과 직접 광촉매실험과 비교하여 Table 3.의 방법에 의해서 분석하였다. 응집공정의 실험은 Jar tester를 이용하였으며 급속교반 150-200rpm으로 5분 동안 수행하고, 20-40rpm으로 20분간 완속교반 후 1시간 침전시키는 방법으로 수행하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 예비 실험

광촉매반응에서 가장 영향을 미칠 수 있는 인자

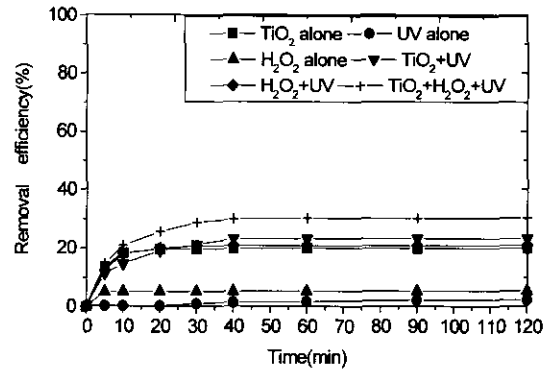


Fig. 2. Relative TOC degradation as a function of the irradiation time. (TiO₂=0.1wt%, H₂O₂=1000ppm, Total light intensity = 2100W/m², 3 l /min, pH = 7, Photo- reaction column=4)

를 찾기 위하여 먼저 전체 실험영역을 해당하는 예비 실험을 통해 광촉매반응의 최적조건을 찾을 수 있도록 예비실험을 수행하였으며, 그 결과는 다음 Fig. 2와 같다.

순환식 반응기에서 컬럼 및 용액의 저장소를 검은 천으로 덮어 외부의 빛을 차단시키고 염색폐수에 자외선의 조사없이 광촉매인 TiO₂를 첨가시킨 광촉매흡착 실험 및 과산화수소만 첨가시킨 실험, 자외선만을 조사한 광조사 실험, TiO₂ 광촉매에 자외선을 조사한 광촉매 실험, 과산화수소에 자외선을 조사한 실험, 마지막으로 광촉매인 TiO₂에 과산화수소를 함께 주입시켜 자외선을 조사한 실험 등으로 나누어 실험을 실시하였다. 반응시간 120min 동안 수행한 실험의 결과에서 전반적으로 제거율은 높지 않았으며, 광촉매인 TiO₂에 과산화수소를 첨가시켜 자외선을 조사한 실험(TiO₂+H₂O₂+UV)은 약 30.32%, 광촉매인 TiO₂에 자외선을 조사한 실험(TiO₂+UV)은 23.16%, 과산화수소에 자외선을 조사한 실험(H₂O₂+UV)은 20.93%, 광촉매인 TiO₂만 첨가시킨 광촉매 흡착실험(TiO₂ adsorption)은 19.8%, 과산화수소만 첨가시킨 실험은 5.29%, 자외선만 조사한 실험은 2.25%가 제거되었다.

본 예비 실험에서 전반적으로 제거효율이 낮게 나타난 것은 염색폐수 이화학적 특성에서 현탁물질 및 알칼리도가 높아 자외선이 충분히 빛을 통

과하지 못하게 됨으로써 TiO₂인 광촉매가 빛을 흡수할 수 있는 능력이 떨어져 제거율이 둔화된 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구는 이런 충분한 빛의 투과율을 높기 위한 문제점을 해결하기 위하여 응집 및 pH 조절을 통해 현탁물질 및 알칼리도의 부하를 줄인 후 광촉매반응을 수행하는 것이 바람직하다.

2. 전처리 공정

2.1 pH 변화에 따른 영향

응집제의 pH 변화에 따른 염색폐수의 제거율의 결과는 다음 Fig. 3과 같다. 본 실험에서 응집제의 pH 변화에 따른 염색폐수의 현탁물질을 제거하기 위하여 응집제인 FeCl₃를 일정량 첨가시켜 실험을 수행한 경우 pH 11에서 가장 높은 제거율을 나타냈다.

이는 COD를 유발하는 일부 무기성분이 다량으로 함유되어 있어 일단 pH를 상승하였을 경우 무기성분의 제거에 의한 TOC의 처리 효율이 상승한 것으로 판단된다.

2.2 pH 조정 및 응집

높은 알칼리도와 현탁 고형물질은 광촉매 산화반응의 처리 효율을 감소시키는 주원인이므로 본 연구에서는 Table 4에 따라 광촉매공정의 부하를 줄이기 위한 실험을 수행하였으며, 화학 응집하기

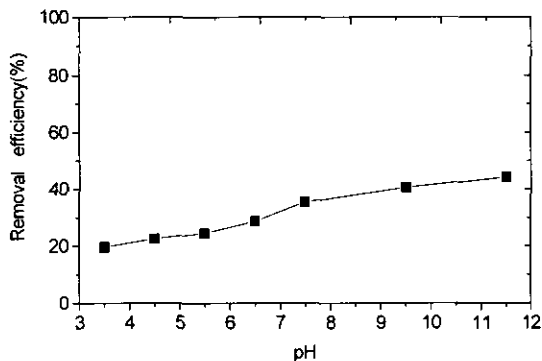


Fig. 3. Relative TOC degradation as a function of various pH. (FeCl₃=500ppm, H₂SO₄=0.1N or 5N, NaOH=0.1N or 5N)

Table 4. Pretreatment methods for the photocatalytic process

No	Method
1	pH 4
2	pH 7
3	pH 11.5 → pH 4
4	pH 11.5 → pH 7
5	pH 4 → Chemical coagulation
6	pH 7 → Chemical coagulation
7	pH 4 → Chemical coagulation → pH 11.5 → pH 4
8	pH 7 → Chemical coagulation → pH 11.5 → pH 7
9	pH 11.5 → Chemical coagulation → pH 4
10	pH 11.5 → Chemical coagulation → pH 7

전에 pH 조절은 알칼리도를 제거하기 위한 것이며, 화학응집 후의 pH 조절은 철이온을 제거하기 위한 것으로 그 결과는 다음 Fig. 4와 같다.

Method 1의 경우 염색폐수의 pH를 4로 하여 알칼리도만 낮춘 것이고, Method 2의 경우 단지 pH의 변화를 비교하기 위하여 원 폐수의 pH 11에서 pH 7로 낮춘 것이며, Method 3의 경우는 일부 무기성분을 제거하기 위하여 pH 11.5로 처리한 후 다시 pH 4로 조절한 것이다. 또한 Method 4의 경우는 역시 pH의 변화를 비교하기 위하여 pH 11.5로 처리한 후 다시 pH 7로 조절한 것이다. Method 5

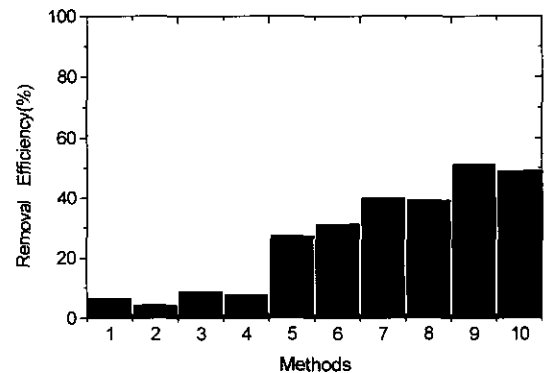


Fig. 4. The effect of pretreatment methods on TOC degradation of dye wastewater. (FeCl₃=500ppm, H₂SO₄=0.1N or 5N, NaOH=0.1N or 5N)

의 경우 pH를 4로 처리한 후 화학적 응집과정을 수행하였으며, Method 6의 경우는 pH 7로 조정하여 처리한 후 화학적 응집을 거쳐서 처리한 경우이다. Method 7의 경우 pH를 4로 처리하여 알칼리도를 낮추고, 화학적 응집공정을 거쳐 다시 11.5로 처리하여 무기성분을 제거한 후 철이온을 제거하기 위해서 pH를 4로 조절하였다. Method 8의 경우 pH 7로 처리한 후 응집 과정을 거쳐 pH를 11.5로 한후 pH를 7로 조절하였다. Fig. 5에서 응집처리를 하지 않고 단지 pH 조절을 수행한 방법 1, 2, 3 그리고 4의 경우는 제거율의 변화에 큰 영향을 주지 못했으며, 방법 3, 4는 방법 1, 2와 비교하여 높은 pH에서 일부 COD를 유발하는 무기 성분을 제거할 수 있어 상대적으로 제거효율이 상승했으나 방법 5, 6의 화학적 전처리 과정의 경우와 비교해서는 반응장치의 부하가 커지고 반응 시간이 길어져 효율성과 경제성에서 불리한 것으로 판단된다. 또한, 방법 7, 8의 경우는 pH와 응집 공정을 혼합시켜 전처리한 경우인데 우선 알칼리도를 낮추기 위해 pH를 4, 7로 조절하고, 응집 공정을 거쳐 다시 pH를 11.5로 높여 무기 성분을 제거한 다음 pH를 7, 4로 낮추어 수행한 실험은 방법 5, 6의 경우와 비교하여 처리 효율이 상승하였다. 하지만, pH의 조절이 번거로움과 다량의 약품 주입으로 경제성을 생각한다면 효과적인 방법이라고 생각하지 않는다.

마지막으로, 방법 9, 10은 본 원 폐수의 자체 pH가 11.5이므로 일단 무기 성분을 제거하기 위해 pH를 상승시킬 필요가 없고, Fig. 3의 결과물 토대로 pH 11.5에서 제거율이 가장 높았기 때문에 일단 pH 11.5에서 화학적 응집을 거친후 pH를 4, 7로 조절한 경우 방법 7, 8과 제거율의 큰 차이는 없었다. 따라서, 본 연구에서 모든 조건을 고려한 본 바 방법 9가 경제성 및 효율성에서 가장 우수한 처리 공정임을 알 수 있다.

2.3 응집제 주입량의 영향

광촉매시스템의 전처리 과정중 응집제의 주입량은 최적의 pH 및 pH 조정 조건에서 FeCl₃에 대하여 Table 5의 Method 9의 조건에 따라 응집제량을 200~1000mg/l로 변화시켜 실험하였으며 그 결과는 Fig. 5에 나타내었다.

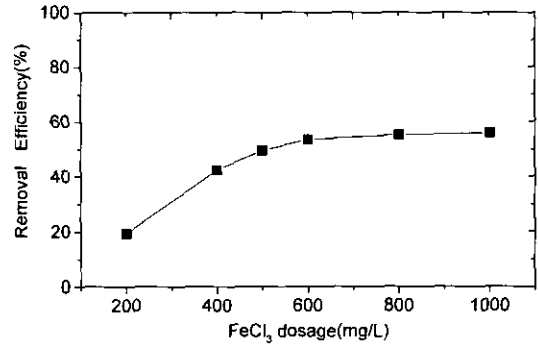


Fig. 5. Change of removal efficiency of TOC at various FeCl₃ dosages.

본 실험에서 응집제량을 600mg/l 까지 주입시켰을 경우 제거율이 상승하였으나 그 이상의 주입량에는 큰 변화가 없었다. FeCl₃의 양이 각각 200mg/l, 400mg/l, 500mg/l 일 경우 제거율은 19.3%, 42%, 49.5%의 제거율을 나타냈으며, 600mg/l 일 경우 54%, 800mg/l 일 경우 55.2%, 1000mg/l 일 경우 55.8%가 제거되었다. 이 결과 적정 응집제의 주입량은 600mg/l 이고 FeCl₃의 가격이 저렴하고, 침강성이 우수하여 sludge 발생량이 적다는 잇점이 있다.

3. 광촉매반응 시스템

3.1 최적의 광촉매 첨가량 결정

우선 TiO₂/UV의 공정으로 최적의 광촉매 첨가량을 결정하기 위하여 순환식반응기로 120분동안 수행한 결과 다음 Table 5, Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 화학적 응집 및 pH 처리시킨 유출수에 광촉매인 TiO₂량을 변화시키면서 실험한 결과 TiO₂량이 2g/l 이상의 첨가는 제거율이 둔화되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 실험에서의 TiO₂의 적정 첨가량은 2g/l로 판단되며, 이와 유사한 결과를 보고한 Prairie¹²⁾과 조 등¹³⁾은 이러한 현상에 대하여 광촉매가 광에너지를 완전히 흡수할 수 있을 때까지는 광촉매량의 증가에 따라 반응속도도 증가하지만 그 이상의 광촉매량에서는 광촉매 자체가 광촉매 표면에 도달하는 광에너지를 차단하는 효과(shielding effect)에 의한 것으로서 해석하였다. 또한 광촉매반응 20min와 120min

Table 5. The TOC & COD_{Cr} removal efficiency according to TiO₂ dosage

TiO ₂ dosage (g/ℓ)	A	B	C	D	E	F
0.5	53.5	43.1	59	46	59.8	46
1	54.4	44.3	62.80	51	65.8	53
1.5	53.9	44	65.14	54	67.9	54
2	53.1	44	70.4	60	71.5	61
2.5	53.5	44	72.5	61	74.2	62

A : TOC Eff.(%) after coagulation

B : COD_{Cr} Eff.(%) after coagulation

C : TOC Eff.(%) after TiO₂/UV(20min)

D : COD_{Cr} Eff.(%) after TiO₂/UV(20min)

E : TOC Eff.(%) after TiO₂/UV(120min)

F : COD_{Cr} Eff.(%) after TiO₂/UV(120min)

1) TiO₂/UV after chemical coagulation and pH control units

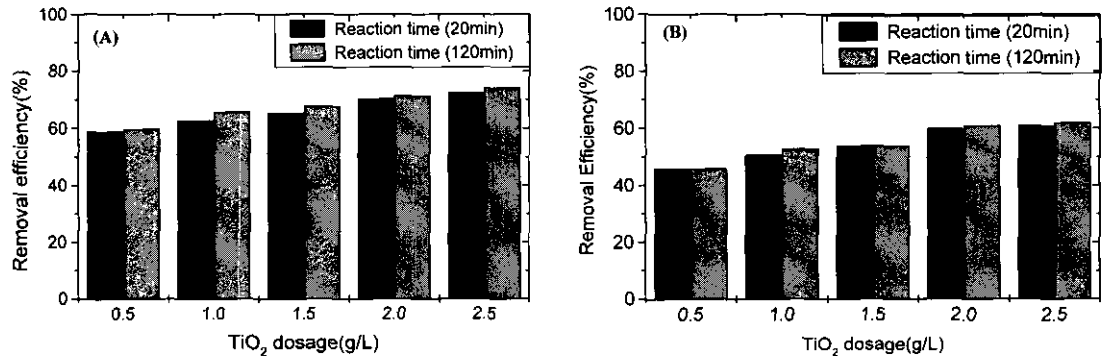


Fig. 6. Effect of TiO₂ dosage on TOC(A) & COD_{Cr}(B) degradation according to reaction time. (Total light intensity=2100W/m², Flow rate=3l/min, Photo-reaction column=4)

에서 TOC 및 COD_{Cr}의 제거율의 변화가 별 차이가 없었으며, 이는 광촉매반응이 거의 20min 이내에 반응이 종결된다는 사실을 확인할 수 있었다.

3.2 과산화수소 투입량 결정

순환식 반응기에서 최적의 과산화수소 투입량을 결정하기 위하여 과산화수소를 200~1000mg/ℓ까지 투입한 결과는 다음 Table 6과 Fig. 7~8과 같다.

Fig. 7에서 과산화수소를 각각 200, 400, 600, 800, 1000mg/ℓ로 증가시켜 투입한 결과 과산화수소가 완전히 소모되는 시간은 각각 6, 8, 12, 15, 20분이었고 과산화수소가 소모되는 시간과 농도의 관계는 거의 비례적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 Fig. 8에서 과산화수소의 첨가량이 200mg/ℓ에서 1000mg/ℓ로 증가할수록 TOC 및 COD_{Cr}의 제거율이 증가하였으며 과산화수소가

완전히 소모된 이후에도 TOC 및 COD_{Cr}은 감소되었다. 이러한 현상은 김¹⁴⁾ 등의 연구에서 대부분의 광촉매분해 반응이 주로 산화 반응에서 효과를 얻는 데 반하여 어느 정도는 환원반응에 따른 OH 라디칼 생성에 의한 효과도 함께 얻기 때문이라고 해석하였다.

본 연구에서 염색폐수의 최적의 반응조건에 맞는 광촉매반응기 장치의 크기를 결정하는 것은 경제성과 직결되므로, 비록 반응시간 120min이 20min의 반응시간보다 더 효율이 증가하더라도 최종적으로 원하는 수질에 도달할 수 있다면 구지 반응시간을 20min 이상의 조건에서 운영된다면 비효율적이라고 판단된다.

따라서, 본 연구에서 Table 6의 결과에 따라 TiO₂/H₂O₂/UV공정에서 COD_{Cr}, COD_{Mn}의 방류수 질기준에 적합한 COD_{Cr} 200mg/ℓ, COD_{Mn} 50mg/ℓ

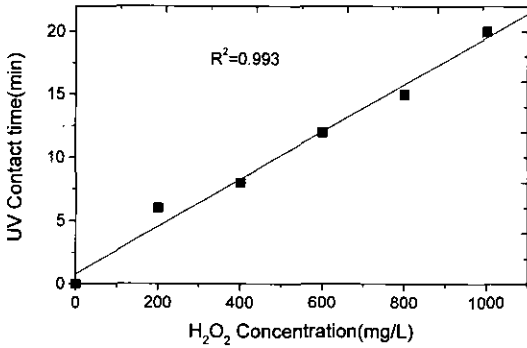


Fig. 7. Relation between H₂O₂ input amount and UV contact time to consume all of input H₂O₂

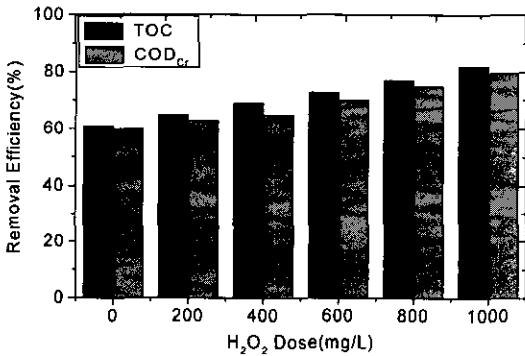


Fig. 8. Effect of H₂O₂ dosage on TOC & COD_{Cr} degradation according to reaction time (TiO₂=2g/l, Total light intensity=2100 W/m², Flow rate=3 l/min, Photo-reaction column=4)

l 이하의 조건에 맞는 UV 접촉시간은 20min, 즉 과산화수소 투입량은 1000mg/l임을 확인할 수 있었다.

V. 결론

난분해성 물질인 염색폐수를 처리함에 있어 본 연구는 UV/TiO₂/H₂O₂ 시스템을 적용하기 위하여 화학응집 및 pH 조절에 의한 전처리를 병행하여 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 광촉매 반응 시스템을 적용하기 위한 전처리 공정인 화학응집, pH 조절 공정은 광촉매 반응 시스템의 부하를 감소시켰으며, 이때 가장 적절한

Table 6. Characteristics of UV/TiO₂/H₂O₂ system effluent pretreated by chemical coagulation and pH control

Constituents	Before final treatment	After final treatment
pH	4	6.8
COD _{Cr}	590~550(560)	185~175(180)
COD _{Mn}	350~420(385)	42~40(41)
TOC	225~205(215)	88~80(84)
BOD ₅	75~73(74)	20~24(22)
SS	9.4~9.2(9.3)	5.6~5.4(5.5)
NH ₃ -N	4.5	4.2
NO ₂ -N	6.3	5.9
NO ₃ -N	3.1	2.9
T-Cr	0.013	0.011
Cu	0.099	0.056
Zn	0.215	0.134
Pb	ND	ND
Hg	ND	ND
Cd	ND	ND
Color (Unit PtCo Color)	330~350(340)	42~46(44)

- 1) All measured data are based on average values
- 2) ND is not detectable.

방법은 Method 9 방법에 따라 FeCl₃ 600mg/l 를 첨가시켰을 경우 최대의 부하를 줄일 수 있었다.

2. 광촉매량이 낮은 경우에는 광촉매량을 증가시키기에 따라 염색폐수의 제거효율이 향상되었으나, 2.0g/l 이상인 경우에는 제거효율의 증가가 둔화되는 것으로 나타났다.
3. COD_{Cr} 200mg/l 이하의 수질을 얻기 위한 적절한 과산화수소 투입량은 1000mg/l 정도이며, 이 때 UV 접촉 시간은 20min 정도였다.

참고 문헌

1. 환경부: 염색폐수의 색도제거 기술현황 및 대책 방안, 1-2, 1996.

2. 김선일, 이봉우, 윤영재: 평판형 막모듈을 이용한 합성염료 폐수처리에 있어서 염농도 및 온도의 영향, 한국환경과학회지, 제7권, 제2호, 209-215, 1998
3. Li. X. Z, Zhang. M.: Decolorization and Biodegradability of dyeing wastewater treated by a TiO_2 -sensitized photo-oxidation process, *Water. Sci. Tech*, 34(9), 49-55, 1996.
4. Tunay. O, Kabdasli. I, Erenektar. G, Orhon. D: Colar removal from textile wastewaters, *Wat. Sci. Tech*, 34(11), 9-16, 1996.
5. Ronaldo. P, Patricio. P. Z, Adalgisa. R, June. R: Electrochemically assisted photocatalytic degradation of reactive dyes, *Applied Catalysis B, Environematal* 22, 83-90, 1999.
6. Chuan. Y. W, Chu. Y. L, Wei-qin. W, Tao. S: Photochemical events during the photosensitization of colloidal TiO_2 particles by a squaraine dye, *J. Photochemistry & Photobiology A: Chemistry* 109, 159-164, 1997.
7. Michael R. Prairie, Lindsey R. Evans, Bertha M. Stange and Sheryl L. Martinez: An investigation of TiO_2 photocatalysis for the treatment of water contaminated with metals and organic chemicals, *Environ. Sci. Technol.*, 27(9), 1776-1782, 1993.
8. Jon. P. S, David. F. O: Intergration of Chemical and Biological Oxidation Processes for Water. Treatment: II. Recent Illustrations and Experiences, *J. Adv. Oxid. Technol*, 2(3), 374-381, 1997.
9. 수질오염공정시험법: 동화출판사, 1996.
10. APHA, AWWA and WPCF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, Washinton, D.C., 1992.
11. Peter. J. J. and shinder. E. H: Long Term Biodegradability of Textile Chemicals, *JWPCF*, 48(9), 2199, 1976.
12. Michael R. Prairie, Lindsey R. Evans, Bertha M. Stange and Sheryl L. Martinez: An investigation of TiO_2 photocatalysis for the treatment of water contaminated with metals and organic chemicals, *Environ. Sci. Technol.*, 27(9), 1776-1782, 1993.
13. 조일형, 김현용, 이용규, 박경렬, 이홍근: 순환식 반응기에서 UV/ TiO_2 를 이용한 반응성염료의 제거에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 26(1), 64-70, 2000.
14. 김성준, 문정의: 전기응집 및 UV/ TiO_2 / H_2O_2 시스템을 이용한 매립지 침출수 처리, 대한환경공학회지, 19(3), 391-402,