

## Jet-Loop Reactor를 이용한 Polyester 감량폐수 중 Ethylene Glycol의 생물학적 처리

류원률 · 최장승 · 조무환

영남대학교 화학공학 및 공업화학부, <sup>1</sup>한국염색기술연구소 환경보전부  
(접수 · 1998. 12. 8., 게재승인 · 1999. 2. 1.)

## Biological Treatment of Ethylene Glycol in Polyester Weight-Loss Wastewater Using Jet-Loop Reactor

Won Ryul Ryu, Jang Seung Choi<sup>1</sup>, and Moo Hwan Cho<sup>†</sup>

School of Chemical Engineering & Technology, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

<sup>1</sup>Dept. of Environment Preservation, Korea Dyeing Technology Center, Taegu 703-010, Korea

(Received : 1998. 12. 8., Accepted : 1999. 2. 1.)

A jet-loop reactor was used for the biological treatment of ethylene glycol(EG) which is a main component of polyester weight-loss wastewater, and is difficult to be removed by physicochemical treatments. Volumetric oxygen transfer coefficient( $k_{La}$ ) of jet-loop reactor was significantly larger than that of air-lift reactor. When organic loading rates of synthetic polyester weight-loss wastewater were 2.64 kgOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup>·day and 3.07 kgCOD<sub>Cd</sub>/m<sup>3</sup>·day, the effluent concentrations were measured as 154 mgCOD<sub>Mn</sub>/L and 156 mgCOD<sub>Cd</sub>/L, and removal efficiencies were found as 93% and 93.9%, respectively. The specific removal rate was proportionally increased from 0.25 to 1.60 kgCOD<sub>Mn</sub>-removed/kgMLVSS·day as specific loading rate was increased from 0.25 to 1.72 kgCOD<sub>Mn</sub>/kgMLVSS·day. Also, kinetics constants such as  $K_s$ ,  $k$ ,  $k_d$  and  $Y$  were estimated as 89 mg/L, 0.05 hr<sup>-1</sup>, 0.1 day<sup>-1</sup> and 0.78, respectively. When organic loading rates of real polyester weight-loss wastewater were 2.64 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup>·day and 5.24 kgCOD<sub>Cd</sub>/m<sup>3</sup>·day, the effluent concentrations were measured as 150 mgCOD<sub>Mn</sub>/L and 306 mgCOD<sub>Cd</sub>/L, and removal efficiencies were found as 93.2% and 93%, respectively. This study demonstrated that EG in the wastewater could be efficiently removed biologically using a jet-loop reactor.

Key Words : polyester weight-loss wastewater, jet-loop reactor, ethylene glycol

### 서론

염색 가공산업은 polyester감량과 면 T/C 및 기타로서 구분할 수 있으며 이들은 대부분 고농도 감량폐수와 호발폐수를 배출하고 있다. Polyester섬유는 Terephthalic acid(TPA) 또는 Dimethyl terephthalate(DMT)와 Diol (HO-R-OH)의 에스테르가 최소 85%로 구성된 합성고분자로서 이 가운데 polyester 섬유로 널리 사용되고 있는 것은 Polyethylene Terephthalate(PET)로 만들어진 섬유이다. PET섬유는 고융점, 고강도, 고영양의 양호한 전기적 성질과 내약품성 등을 가지고 있으나 염색성이 불충분하므로, 염색성을 개량한 polyester를 비롯한 많은 개질 polyester섬유의 딱딱한 촉감을 개선하여 "silk-like"화하기

위한 alkali 감량가공을 하기에 이르렀다(1-3). 우리나라에서는 1970년대 후반에 이리한 polyester 감량기술이 직물류의 고급화 기술로서 보급되어 하나의 직물가공 기술로서 급속도로 정착되어 가고 있다.

Figure 1에서와 같이 alkali에 의해 중량이 감소되는 현상은 polyester섬유가 가수분해되어 TPA-2Na염(DST)과 ethylene glycol(EG)이 생성되기 때문이며, 그 속도는 처리액의 온도 및 alkali농도에 따라 변한다(4). 이와 같은 가수분해는 섬유표면에서 부터 순차적으로 진행되며 알칼리 처리에 의한 염색성과 흡습성의 변화는 보이지 않고 단지 유연성만 증가한다고 알려져 있다(7-9).

그런데, polyester 감량가공시 발생하는 감량폐수는 고부하, 다면성 악성폐수로 이를 처리하는 데는 어려움이 많다. 그리고 현재 대구염색공단내 polyester 감량가공업체는 36개 업체로 40%를 차지하고 있고 전체 COD오염부하의 68%, BOD오염부하의 84%를 차지함으로써 대구염색공단 폐수처리장에 유입되는 폐수의 대부분을 차지하고 있다. 그러나, 호발폐수, 감량폐수 및 염색폐수 등의 혼합폐수가 공단 종합폐수처리장으로 유입되고

<sup>†</sup> Corresponding Author ; School of Chemical Engineering & Technology, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

Tel : 053-810-2517, Fax : 053-814-8790

e-mail : mwcho@ynucc.yeungnam.ac.kr

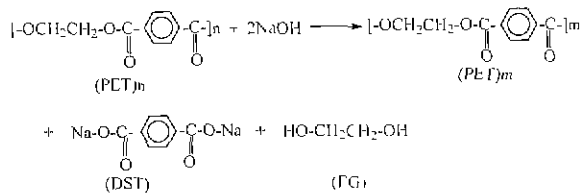


Figure 1. Hydrolysis of polyester textile

있기 때문에 polyester 감량폐수만의 연구가 거의 이루어지지 않았으며 감량-염색폐수에 관한 연구가 대부분이었다(5-6) 또한 감량폐수 중 DST만의 처리를 위한 연구(10-13)는 현재 많이 이루어 졌지만, ethylene glycol(EG)의 분해에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며 특히 EG는 일반적인 활성 오니 공정으로는 그 처리효율이 낮다고 알려져 있다

따라서 성상이 다르고 난분해성이 포함된 혼합폐수 중 고부하, 다변성 악성폐수로 알려진 polyester 감량폐수만을 따로 분리하여 처리하기 위하여 먼저 1차적으로 감량폐수 중 DST를 물리·화학적으로 처리하는 방법에 대해 최적 조건을 제시한 바 있고(14). 또한 EG를 빠른 시간내에 분해 자회할 수 있는 균주를 순수 분리한 바있다. 본 연구에서는 산소전달효율이 아주 뛰어난 jet loop reactor를 사용하여 EG의 생물학적 분해를 수행하였다 Jet-loop reactor는 화학, 석유화학, 생물화학공업 등에 널리 사용되고 있으며 반응기안에서의 모든 순환과 기체의 분산은 액체의 Jet류에 의해 가동되고 대부분은 반응기의 밑에서 액체와 공기를 upflow하는 것을 기본으로 하고 있다. 그러나 본 실험에 사용한 reversed flow jet-loop reactor는 기액 혼합 system을 가진 두 유체의 노즐이 상부에 고정되어 있다. 이 반응기는 원통형관을 통하여 공기를 자연적으로 끌어들이며 수증기로 뿜어내는 데 높은 속도로 인하여 난류를 일으켜서 공기방울을 산기시킨다 공기는 고압하에서 유입수와 함께 하향류로 주입되어 그 혼합액은 tube의 바닥으로 이동하였다가 다시 표면으로 되돌아온다. 상당한 깊이에서 공기와 물의 혼합액이 고압하에 있게 되므로 높은 산소 전달 효율을 보이고 폐수의 유입과 더불어 공기가 유입되기 때문에 산기장치와 산기에 필요한 동력비 또한 들지 않고 기포의 비표면적도 아주 작다 그리고, 장치가 차지하는 면적 또한 아주 작고 scale up하는 데에도 아무 어려움이 없는 것으로 알려져 있다 또한, 이 반응기는 기존의 bioreactor보다 유기물의 제거효율이 10배 가량 높다고 보고되고 있고 극히 처리가 어려운 고농도 유기성 폐수에 적합한 것으로 알려져 있다(15-17). 따라서 본 연구의 목적은 기존의 air-lift reactor보다 훨씬 산소전달력이 우수하다고 알려진 jet-loop reactor를 사용하여 반응기의 체류시간 및 COD 용적부하 변화에 따른 반응기의 성능을 관찰하여 최적의 운전 조건 및 설계인자 도출을 위한 연구를 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 사용폐수 및 분해 균주

실제 감량공정에서 나오는 감량폐수는 2,000~10,000 mg COD<sub>Mn</sub>/L, 10,000~25,000 mg COD<sub>Cr</sub>/L 및 10,000~25,000 mg

BOD<sub>5</sub>/L 정도의 고농도 폐수이다. 이를 먼저 1차 물리·화학적 응집처리를 하면 감량폐수의 주성분인 DST가 제거되고 거의 EG만이 남게 된다. 따라서 본 연구에서는 실제 감량폐수의 1차 처리후 배출되는 폐수와 COD가 유사하게 EG만을 탄소원으로 합성폐수를 조성하였다 EG는 2,000 mg/L로 고정하여 투입하였으며 BOD : N : P의 비를 100 : 5 : 1로 조정하기 위하여 질소(N)원과 인(P)원으로 NH<sub>4</sub>Cl과 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>를 사용하였다. 또한 pH는 0.1N NaOH를 사용하여 pH를 7.5로 조절하였다. 합성폐수의 COD<sub>Mn</sub>은 2,200 mg/L이었으며, COD<sub>Cr</sub>은 2,560 mg/L이었다. 실험에 사용된 균주는 본 연구실에서 분리·동정한 EG분해 균주인 *Pseudomonas* sp. EG1을 사용하였다. 또한 실제 polyester 감량폐수는 T시 염색공단내에서 연속공정으로 polyester 섬유를 감량가공하고 있는 (주)T사의 감량폐수 중 1차 물리·화학적 처리된 후 EG가 주성분인 폐수를 사용하였다. 실제폐수의 주요 성상은 Table 1과 같이 pH는 4.1, COD<sub>Mn</sub>은 2,200 mg/L, COD<sub>Cr</sub>은 4,365 mg/L이었다. COD<sub>Mn</sub>에 비해 COD<sub>Cr</sub>의 값이 현저히 높은 것은 1차 물리·화학적 응집처리로도 아직까지 DST가 전부 제거되지 않고 일부 남아 있음을 의미한다

Table 1. Water quality of the real wastewater.

Item	Concentration(mg/L)
pH	4.1
COD <sub>Mn</sub>	2,200
COD <sub>Cr</sub>	4,365

#### 실험장치

본 연구에 사용된 연속폐수처리 장치는 jet-loop reactor이며 Figure 2에 나타내었다 반응기의 유효용적은 50 L이며, 투명한 아크릴 수지로 제작하였으며 침전조를 따로 두지 않고 반응기의 주변에 침전조를 만들어 반응기와 침전조가 결합된 형태로 제작하였다 Figure 2에서 보는 바와 같이 반응기의 중앙부에 원통형의 tube를 두어 미생물을 회전시켰고, 바깥쪽의 tube는 처리수의 수질을 양호하게 하고 입자의 침강성을 좋게 하기 위하여 격벽을 설치하고 하단부는 45°로 경사지게 제작하였다. 또한,

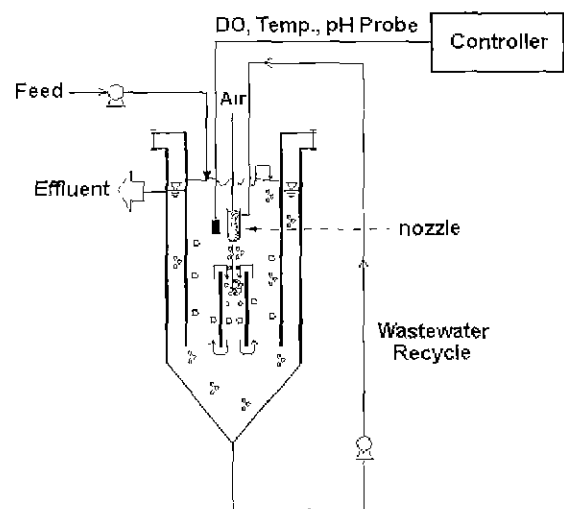


Figure 2. Schematic diagram of jet-loop reactor.

nozzle은 반응기의 상부에 고정시켜 반응기 내부의 폐수를 하부에서부터 상부의 nozzle의 중앙으로 순환시켰다. Nozzle의 가운데 부분은 steel관을 관통시켜 폐수의 유입시 공기가 자연적으로 주입되도록 하였으며 폐수가 유입됨과 동시에 공기와 접촉시켰다. 또한 폐수의 공급은 미량정량펌프를 사용하여 반응기 하부로 공급하여 혼합이 용이하도록 하였다. 외부온도는 water jacket를 설치하여 *Pseudomonas* sp. EG1의 최적온도인 35°C±2를 항상 유지하였다. 그리고, 반응기 내에 DO 및 pH meter를 부착하여 자동 조절하였으며 항상 pH는 7.5, DO는 2 ppm이상을 유지하였다.

**실험방법**

EG가 주성분인 합성폐수를 제조하여 EG분해균의 배양액을 10% 접종하여 7일 동안 회분 배양한 후 연속실험을 행하였다. 변수를 제외한 모든 조건은 일정하게 조절하였으며, 모든 분석은 변수를 변화시킨 후 정상상태에 도달한 후 측정하였다.

실험 1 : 산소전달효율이 고투로 알려진 세라믹 제질의 다공성 관형 산기관을 이용한 air-lift 반응기와 jet-loop reactor와의  $k_La$ 를 비교하였다.  $k_La$ 는 비정상상태 방법(18)을 사용하여 측정하였다. 즉, 운전하기 전에 반응기를 순수한 물로 가득 채운 후, 반응기 안의 산소는  $N_2$ 를 분사하여 시스템으로부터 완전히 제거하였다. 그리고 공기를 주입하여 용액이 포화될 때까지 용존산소의 변화를 측정하였다.

이러한 경우 반응식은

$$\frac{dC_L}{dt} = k_La(C^* - C_L) \text{ 에서 직분하면}$$

$$\ln(C^* - C_L) = -k_La \cdot t + \text{const}$$

$\ln(C^* - C_L)$  대 시간( $t$ )의 도사로  $k_La$ 를 계산하였다.

실험 2 : 합성 감량폐수의 EG의 농도를 2.0 g/L로 고정시킨 다음 체류시간을 변화시켰을 때, 즉 유입수의  $COD_{Mn}$ 의 용적부하를 0.24에서 2.64  $kgCOD_{Mn}/m^3 \cdot day$ 로,  $COD_{Cr}$ 의 용적부하를 0.28에서 3.07  $kgCOD_{Cr}/m^3 \cdot day$ 로 변화시켜 처리수의 COD 농도 및 처리효율을 각각 조사하였다.

실험 3 : 연속실험에서 슬러지부하에 따른 기질의 소모율을 조사하였다. 그리고 실제 폐수처리공정의 활용을 위하여 분해균주의 속도 계수를 결정하였다. 반응기 내의 미생물에 대하여 물질수지식을 세운 후 정리하여 선형 방정식을 세우면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot \frac{S_0 - S}{X \cdot \theta} - K_d$$

여기에 미생물의 체류시간을 변화시켜 가면서  $[(S_0 - S)/X \cdot \theta]$ 와  $1/\theta_c$ 의 관계에서 최대미생물 생산계수( $Y$ )와 내생호흡계수( $K_d$ )의 값을 각각 구하였다. 또한 기질에 대하여 물질수지식은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{X \cdot \theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{K} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{K}$$

위의 식에서  $1/S$ 와  $[X \cdot \theta / (S_0 - S)]$ 의 관계에서 미생물 단위질량당 최대 기질소비율( $k$ )과 포화상수( $K_s$ )를 각각 구하였다.

실험 4 : 실제 감량폐수에는 1차 물리·화학적 응집처리후에도 TPA가 소량 남아있다. 일반적으로 TPA는 생물학적 처리가 용이하다고 알려져 있으므로 이 반응기에서도 EG뿐만 아니라 TPA도 처리될 수 있는지 그 가능성을 실험하여 보았다. 실제폐수를 사용하여 체류시간을 변화시켰을 때, 즉 유입수의  $COD_{Mn}$

의 용적부하를 0.24에서 2.64  $kgCOD_{Mn}/m^3 \cdot day$ 로,  $COD_{Cr}$ 의 용적부하를 0.48에서 5.24  $kgCOD_{Cr}/m^3 \cdot day$ 로 변화시켜 처리수의 COD 농도 및 처리효율을 각각 조사하였다.

**분석 방법**

EG와 TPA는  $COD_{Mn}$ ,  $COD_{Cr}$  측정에 의한 간접적인 방법으로 정량하였다. 1차 물리·화학적으로 처리된 실제 감량폐수에는 잔량의 TPA가 포함되어 있다. TPA는  $COD_{Mn}$ 법에 의해서는 전혀 산화되지 않으므로  $COD_{Mn}$ 법과  $COD_{Cr}$ 법을 병행하여 측정하였다. EG 1,000 mg/L은 각각 1,100  $mgCOD_{Mn}/L$ , 1,280  $mgCOD_{Cr}/L$ 이며, TPA 1,000 mg/L은 1,482  $mgCOD_{Cr}/L$ 로 나타났다. 합성폐수 및 처리수는 GF/C 여과지로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. 또한 부유성 MLSS의 양은 반응조의 시료를 채취하여 여과한 다음 110°C에서 항량으로 건조한 후 산출하였으며 모든 실험은 환경오염공정시험(19) 및 Standard Methods(20)에 준하여 측정하였다.

**실험결과 및 고찰**

**산소전달계수의 비교·분석**

Jet-loop reactor의 산소전달력을 측정하기 위하여 air-lift reactor와 비교하여 보았다. Jet-loop reactor에 인위적으로 공기를 주입하지 않고 폐수가 재순환되는 양만을 조절하여 공기가 자연적으로 유입되게 하면서 산소의 전달효율을 구한 결과와 또한 air-lift reactor 산기관에 주입되는 공기의 속도를 증가시켜 가면서 그리고 jet-loop reactor 상부에 고정된 nozzle에 주입되는 공기의 속도를 증가시켜 가면서 산소의 전달효율을 비교한 결과를 Figure 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 jet-loop reactor는 인위적으로 공기를 주입하지 않고도 폐수의 유입과 더불어 공기가 자연적으로 들어감으로써 45  $hr^{-1}$  정도의 뛰어난 산소전달효율을 보였다. 공기를 5 l/min으로 공급한 air-lift reactor와 비교하여도  $k_La$ 의 값이 3배 이상 높았다. 또한 nozzle로 공급되는 폐수의 재순환비가 증가할수록  $k_La$ 의 값이 높아짐으로 이 반응기의 산소전달효율 증가분은 폐수의 순환비와 공기의 주입속도에 비례한다는 것을 알 수 있었다.

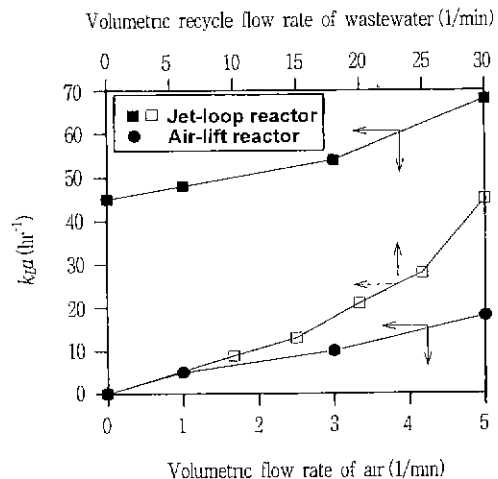


Figure 3. Influence of volumetric flow rate of air & volumetric recycle flow rate of wastewater on  $k_La$ .

**COD부하율 변화에 따른 반응기의 성능**

유입수의 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>의 용적부하를 각각 변화시켰을 때의 유출수의 농도와 처리효율을 Figure 4에 나타내었다. 전반적으로 유입수의 COD 부하율이 증가함에 따라 유출수의 농도는 상승하였으며, 처리효율도 약간씩 감소하였다. 유입수의 부하율이 0.24 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup>·day, 0.28 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>·day인 경우 유출수의 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>의 농도는 22 mg/L, 26 mg/L이며, 이 때 제거율은 각각 99%, 99%로 나타났다 또한 부하율이 가장 높은 때인 2.64 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup>·day, 3.07 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>·day에서도 유출수의 농도는 각각 154 mg/L, 156 mg/L이며, 90%이상의 제거율을 나타내었다 일반적으로 EG는 활성오니공정에서 분해가 어려운 것으로 알려져 있으나 본 연구방법에 의해서는 부하율이 3.07 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>·day 유지시에도 90%이상의 분해를 보이는 것으로 보아 이는 본 jet-loop reactor가 고농도의 감량폐수를 처리하는데 매우 우수함을 알 수 있다

**F/M비에 따른 반응기의 특성**

Figure 5는 슬러지 부하에 따른 비기질의 제거속도를 나타낸 그림이다. 연속실험장치에서 COD<sub>Mn</sub>의 부하속도를 0.25~1.72 kgCOD<sub>Mn</sub>/kgMLVSS·day으로 처리한 결과 비기질제거 속도는 0.25~1.60 kgCOD<sub>Mn</sub>-removed/kgMLVSS·day로 약 92.8%의 제거율을 보였고, COD<sub>Cr</sub>의 부하속도를 0.29~2.00 kgCOD<sub>Cr</sub>/kgMLVSS·day으로 처리한 결과 비기질제거 속도는 0.29~1.88 kgCOD<sub>Cr</sub>-removed/kgMLVSS·day로 평균 93%의 제거율을 보였고 거의 선형적으로 증가하였다

**동력학적 계수의 산출**

Jet-loop reactor에서 동력학적 계수를 산출하기 위하여 정상 상태에서 미생물 체류시간의 역수(1/θ<sub>c</sub>)와 비기질제거 속도와 관계를 Figure 6에 나타내었다. 그림에서 미생물 합성계수를 산출한 결과 0.78 kgMLVSS/kgCOD<sub>Mn</sub> 이었으며, 내생호흡계수는 0.1 day<sup>-1</sup>이었다. 또한, 1/S와 [X·θ/S<sub>0</sub>-S]를 유입수 및 유출수의 COD<sub>Mn</sub>농도, 체류시간, 반응기내의 미생물 농도 등의 자료를 이용하여 Figure 7과 같이 선형회하면 그 절편값이 1/k, 기울기가 K<sub>d</sub>/k가 된다. k는 미생물 단위질량 당 최대기질소비율로 본 실험에서는 COD<sub>Mn</sub>기준으로 0.05 hr<sup>-1</sup>을 얻었으며, 최대성장률의 1/2일 때의 기질의 농도인 포화상수 K<sub>s</sub>는 89 mg/L이었다.

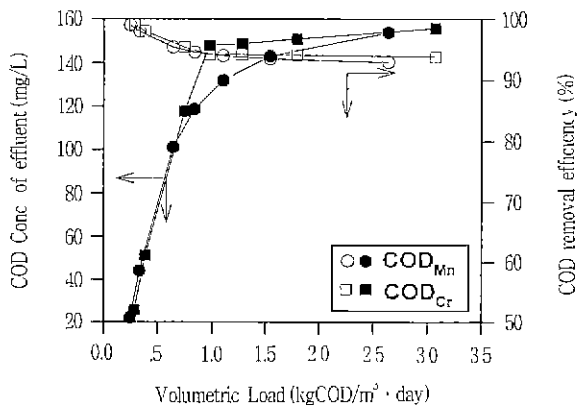


Figure 4 Effluent COD cocentration versus organic loading rate(synthetic wastewater).

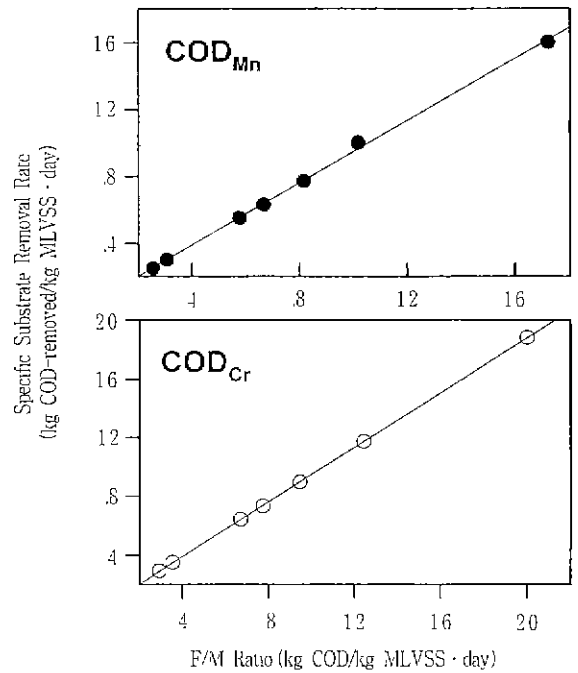


Figure 5 Specific substrate removal rate versus F/M ratio.

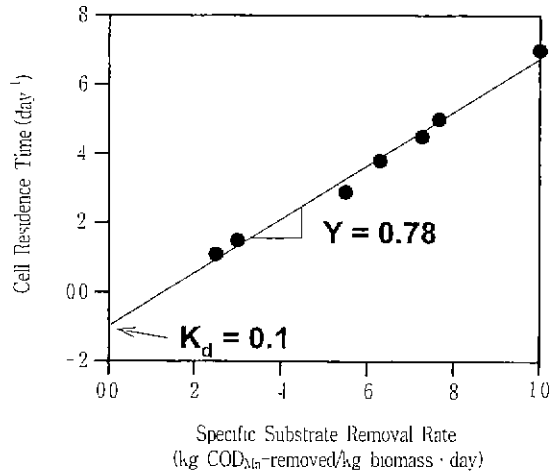


Figure 6 Determination of kinetic coefficients k<sub>d</sub> and Y.

**실제 polyester 감량폐수**

Table 2와 같은 성상을 가진 실제 감량폐수를 사용하여 유입수의 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>의 용적부하를 각각 변화시켰을 때의 유출수의 농도와 처리효율을 Figure 8에 나타내었다. 실제 감량폐수에는 EG뿐만 아니라 TPA 등 이터 고분자 물질이 들어 있어 반응기의 효율이 저하될 것으로 예상되었으나 그림에서 보는 바와 같이 COD 제거율이 합성폐수와 비교하여 거의 비슷하였다. 이는 감량폐수 중 EG만이 생물학적으로 분해가 어렵고 나머지 TPA 등 다른 고분자 물질은 분해가 비교적 쉬운 것으로 사료된다 전반적으로 유입수의 부하율이 증가함에 따라 유출수의 농도는 상승하였으며, 처리효율은 약간씩 감소하였다. COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>의 부하율이 0.24 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup>·day, 0.48 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>·day인 경우 유출수의 농도는 22 mg/L, 87 mg/L이며, 이 때 제거율은 99%, 98%로 나타났다. 또한 부하율이 가장 높은 때인

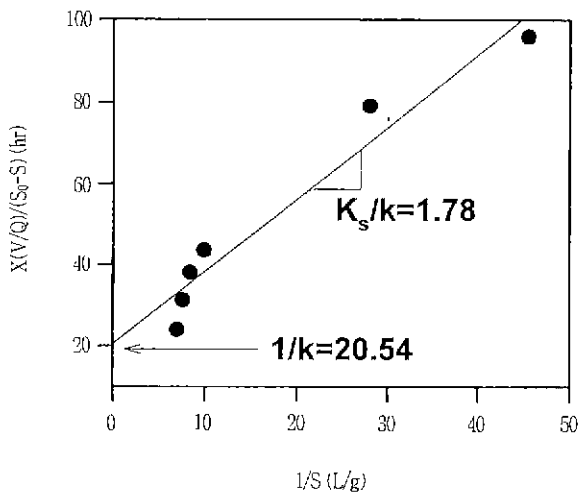


Figure 7 Determination of kinetic coefficients  $K_s$ , and  $k$

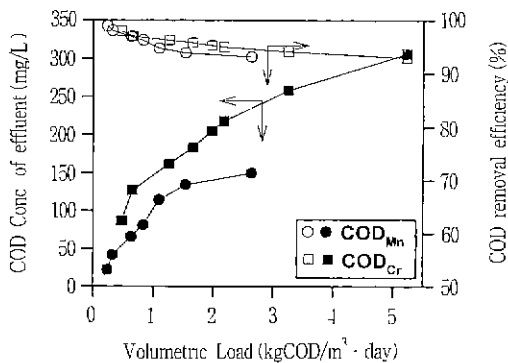


Figure 8 Effluent COD concentration versus organic loading rate(real wastewater).

2.64 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup> · day, 5.24 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup> · day에서도 유출수의 농도는 150 mg/L, 306 mg/L이며, 90%이상의 제거율을 나타내었다 이는 본 jet-loop reactor가 실제 고농도 유기성 폐수의 처리에도 아주 우수하다는 것을 알 수 있다.

**요 약**

Polyester 감량폐수의 주성분 중 물리·화학적 처리가 어려운 EG를 생물학적으로 처리하기 위하여 jet-loop reactor를 사용하였다. Jet-loop reactor의 산소전달계수는 air-lift reactor와 비교하여 훨씬 컸다. 합성 polyester 감량폐수를 사용하여 부하율 2.64 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup> · day, 3.07 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup> · day로 처리한 경우 유출수의 농도는 154 mgCOD<sub>Mn</sub>/L, 156 mgCOD<sub>Cr</sub>/L이었으며, 이 때 각각 93, 93.9%의 제거율을 나타내었다. COD<sub>Mn</sub>의 비부하 속도가 0.25에서 1.72 kgCOD<sub>Mn</sub>/kgMLVSS · day로 증가함에 따라 비기질제거 속도는 0.25에서 1.60 kgCOD<sub>Mn</sub>-removed/kgLVSS · day로 선형적으로 증가하였다. 그리고, 동력학적 계수 Y는 0.78, k<sub>d</sub>는 0.1 day<sup>-1</sup>, K<sub>s</sub>는 89 mg/L, k는 0.05 hr<sup>-1</sup>이었다. 실제 polyester 감량폐수를 사용하여 부하율 2.64 kgCOD<sub>Mn</sub>/m<sup>3</sup> · day, 5.24 kgCOD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup> · day로 처리한 경우 유출수의 농도는 150 mgCOD<sub>Mn</sub>/L, 306 mgCOD<sub>Cr</sub>/L이었으며, 이 때 각각 93.2, 93%의 제거율을 나타내었다.

**감 사**

본 연구는 1997년도 한국과학재단 지원 영남대학교 지역협력센터(RRC)의 연구비에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

**참 고 문 헌**

1. 개질 Polyester의 감량가공에 관한 연구 보고서 (1984), 섬유기술진흥원.
2. 김기완, 정의, 최창남 (1983), Polyester직물의 알칼리 감량가공에 있어서 용매 전치리의 효과에 관한 연구, 전남대학교 공업기술연구, 24, 73-81.
3. A.A.M. Gorrata (1980), Caustic Treatment of Polyester Filament Fabrics, *Textile Chemical & Colorist*, 12(4), 83-90.
4. Mitsubishi Chemical Ind(1985), Japanese Patent 60, 163, 844.
5. Yoon Hwan Kook, Chang Nam Choi (1984), A Study on the Weight Loss of Polyester Fabric in Caustic Soda Solution of Organic Solvent/Water, *J. Korean Society of Textile Engineers and Chemists*, 21(2), 13.
6. Suk Kvu Song, Sang Yool Kim (1983), A Study on the Weight Loss of Polyester Fiber by Alkali Treatment, *J. Korean Society of Textile Engineers and Chemists*, 20(4), 9-15.
7. Jayshree Dave, Raj Kumar Chemist and H. C. Srivastava (1987), *J. Appl Polym Sci*, 33, 455.
8. M. R. Padhye and R. S. Singh (1981), *Colourage*, 28, 13.
9. V. A. Shenai and N. K. Nayak (1982), *Textile Asia*, 13, 59.
10. Tohoku Chemical Ind (1986), Japanese Patent 61, 43, 110.
11. 이영길 (1989), Polyester 직물 알칼리 폐기물로부터 고순도 테레프탈산의 회수에 관한 연구, 한국화학연구소, pp 77-86
12. 양용운 (1989), Polyester감량폐수의 효과적인 응집처리, *계명연구논총*, 7, 281-290.
13. PET 알칼리 감량가공공정의 공해저감 연구 (1993), 보고서, 한국화학연구소.
14. 류원철, 조무환, 최장승, 양용운 (1998), 폴리에스테르 감량폐수 중 Terephthalic Acid의 물리화학적 처리, *대한환경공학회지*, 20(7), 927-936
15. H. Blenke, *Biochemical Loop Reactors* (1985), Fundamentals of Biochemical Engineering, pp 465-517, Weinheim VCH Verlagsgesellschaft
16. M. Velan and T. K. Ramanujam (1991), Hydrodynamics in down flow jet loop reactor, *The canadian journal of chemical engineering*, 69, 1257-1261.
17. George Tchobanoglous and Franklin L. Burton (1993), *Wastewater engineering*, 3rd ed., pp. 434-645, McGraw-Hill, New York
18. Michael L. Shuler and Fikret Kargi (1992), *Bioprocess Engineering*, pp. 307-311, Prentice-Hall, New Jersey.
19. 김남천 (1988), 환경오염공정시험법(수질분야), pp 229-240, 동화기술.
20. AWWA (1995), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed, p. 5520, United Book Press, Maryland