

## 염료공장의 톨루이딘 술폰산 공정폐수와 종합폐수의 생물학적 처리

주승팔·이민규·박태주·송승구

부산대학교 공과대학 화학공학과  
(1987년 11월 3일 접수, 1988년 3월 12일 채택)

## Biological Treatment of Toluidine Sulfonic Acid Wastewater and Combined Wastewater in a Dye Plant

S.P. Joo, M.G. Lee, T.J. Park and S.K. Song

Department of Chemical Engineering, College of Engineering,  
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea  
(Received 3 November 1987; accepted 12 March 1988)

### 요 약

염료공장의 고농도 유기성 폐수인 Toluidine Sulfonic Acid(TSA) 공정폐수의 회석처리도 실험과 TSA 공정폐수와 공장전체 폐수를 혼합한 종합폐수의 처리도 실험을 행하였다.

TSA 공정폐수의 응집처리는 pH가 6.5일 때 황산알루미늄 300 mg/l 주입으로 약 40%의 COD 제거 효과를 나타내었다. TSA 공정폐수와 종합폐수를 완전혼합 활성슬러지 공법으로 처리한 결과, 폭기시간 86시간 이상, F/M비 0.074 kgBOD/kgMLSS/day 이하에서 68% 및 88% 이상의 COD 및 BOD 제거율을 얻었으며, 이 실험조건에서 동력학적 계수,  $k$ ,  $K_s$ ,  $Y$ ,  $K_d$ 의 값은 각각 0.174-0.453 day<sup>-1</sup>, 68.8-152.6 mg/l, 0.445-0.653 및 0.0022-0.0075 day<sup>-1</sup>의 범위로 나타났다.

**Abstract**—An laboratory-scale experiment was carried out to determine the characteristics and treatability of toluidine sulfonic acid (TSA) process wastewater and combined wastewater in a dye plant.

Chemical treatment with aluminium sulfate, 300 mg/l at pH 6.5 showed about 40% COD removal efficiency. With a completely-mixed-activated-sludge (CMAS) unit, the removal efficiencies of BOD<sub>5</sub> and COD were achieved more than 88% and 66%, respectively, at aeration time longer than 86 hours, that corresponded to the F/M ratio below 0.074 kgBOD/kgMLSS/day.

Design parameters, such as  $k$ ,  $K_s$ ,  $Y$  and  $K_d$  applied to CMAS mathematical equations were found as the range of 0.174-0.452 day<sup>-1</sup>, 68.8-152.6 mg/l, 0.445-0.653 and 0.0022-0.0075 day<sup>-1</sup>, respectively.

### 1. 서 론

최근 염료나 염색공장에서 배출되고 있는 고농도 유기성폐수에 대한 생물학적 폐수처리는 완전혼합 활성슬러지 공법과 활성슬러지 변법에 의하여 그 적용범위를

넓혀가고 있으나, 지방족 탄화수소나, 벤젠, 톨루엔, 피리딘 등과 같은 방향족 탄화수소 화합물이 폐수중에 포함될 경우는, 이들 화합물이 미생물에 의한 산화율이 낮고, 또한 높은 농도에서는 독성을 나타내므로 효과적으로 처리하기 위한 공정개발은 시급한 과제이다[1-8].

염색공장폐수의 생물학적 처리에 관한 연구는 1970년대 Yang[8], Nemerow[9], Thomas[10] 등에 의해서 수행되었으며, 이들은 황산알루미늄이나 염소를 사용하여 폐수를 전처리한 후 생물학적 처리공정을 거치면, 유기물과 색도를 효과적으로 감소시킬 수 있다고 보고하였고, 약간의 독성물질이나 colloid성 색도 및 생물학적 난분해성 유기물을 지니는 경우에는 장기폭기법으로 처리하는 것이 재래식 활성슬러지법 보다 높은 제거효율을 얻을 수 있다고 하였다.

또한 염료 및 염색공장 폐수는 BOD/ COD비가 매우 낮고 독성이 강하므로 라군법으로 전처리한 후 그 상등수를 활성슬러지법으로 처리하면 BOD를 24 mg/l 이하로 처리할 수가 있으나, COD는 100 mg/l 이하로 제거하기가 어려우므로, 분말활성탄(PAC)을 폭기조에 투입하여 잔류 COD, 냄새 및 색도를 추가로 제거시킬 수는 있으나, 활성탄 사용에 따른 비용을 고려해야 하는 경제적인 부담을 가지고 있다[11-14].

염색이나 염료공장 폐수의 다른 처리법으로는 이들 폐수를 도시하수나 다른 공장폐수와 혼합 희석하여 생물학적 처리법으로 처리하는 경우인데, 이때 대부분의 공정은 전처리나 후처리로 응집침전 처리의 과정을 거치고 있다[15-17]. 이상의 관점으로 부터, 본 연구에서는 염료공장의 TSA 합성공정에서 배출되는 폐수, 즉 생물학적 처리시 미생물에 대해 독성물질로 작용하는 톨루엔 유도체인 ortho- 및 meta-toluidine sulfonic acid가 고농도로 함유된 폐수를 사용하여 각 희석배수별로 생분해도실험(biodegradability study)을 통하여 유기물 제거율을 조사하고, 공장전체 폐수와 혼합한 종합폐수의 처리시 유기물 제거율을 비교 고찰하였으며, 또한 실제 처리장 설계시 반영할 수 있는 동력학적 상수를 구하고 평가하였다.

## 2. 실험방법

### 2-1. 시료폐수의 특성

본 실험에서 고찰된 시료는 울산 D염료공업체에서 배출되는 폐수로, Table 1과 같은 평균농도를 나타내었다. 유독성 물질이 함유된 TSA 공정폐수는 1986년 2월부터 5월까지 2-3일 간격으로 임의로 2-3L씩 총 20회 채취하여 폐수의 성상을 분석하였으며, 종합폐수를 사용한 경우는 매 실험마다 혼합후의 농도를 분석하였다.

Table 1. Wastewater characteristics.

Item	TSA	Composite <sup>a</sup>		
		A	B	C
BOD <sub>5</sub> , mg/l	2,550	301	210	97
COD <sub>Cr</sub> , mg/l	9,120	1,073	864	537
COD <sub>Mn</sub> , mg/l	4,950	583	390	188
TSS, mg/l	370	220	206	65
PO <sub>4</sub> -P, mg/l	0.87	0.61	0.54	0.21
NH <sub>4</sub> -N, mg/l	0.08	0.04	0.02	-
pH	1.37	5.61	6.47	7.2

<sup>a</sup>: Composite A = TSA process waste: total mill waste = 1:40 (total mill waste does not include TSA process waste)

Composite B = Mill waste including TSA process waste

Composite C = Mill waste including TSA process waste pretreated with alum

### 2-2. 화학응집 처리실험

TSA 공정폐수를 0.5L씩 6개의 유리병에 나누어 담고 3종류의 응집제(황산알루미늄, 수산화알루미늄, 염화제 2철)와 2종류의 응집보조제 [(주)한수 KURI FLOCK, KURI FIX]를 조합하여 jar test를 행하였다. 응집보조제의 주입량은 2 mg/l로 일정하게 하고, 150 rpm에서 3분간 급속교반한 후 30 rpm에서 3분간 원속교반을 행한 뒤 30분간 정지 후 상등수를 분석하여 제거효율을 비교하였다.

### 2-3. 생물학적 처리실험

생물학적 처리실험은 먼저 TSA 공정폐수 단독의 경우와 종합폐수의 경우에 대해 각 희석배수에 따른 처리도 실험을 행하였다. TSA 공정폐수의 희석처리실험은 1986년 4월부터 동년 8월까지 약 5개월간 수행하였으며 종합폐수의 처리실험은 1986년 10월부터 1987년 1월까지 약 4개월간 수행하였다.

실험장치는 Fig. 1과 같다. 반응조는 부피가 4.25L로 폭기부분이 3L, 침전부분이 1.25L이며 폭기조와 침전조 사이에 방해판이 장치되어 슬러지 반송이 방해판 하부에서 원활히 되도록 조정하였고, 같은 크기의 4개의 반응조를 항온조에 설치하여 반응조의 온도를 22±1°C로 유지시켰다.

각 반응조에 일정량의 폐수를 유입시키기 위해 peristaltic pump(LKB, Multiperplex)를 사용하였으며, 공기공급과 폐수의 혼합을 위해 10 W 용량의 공기

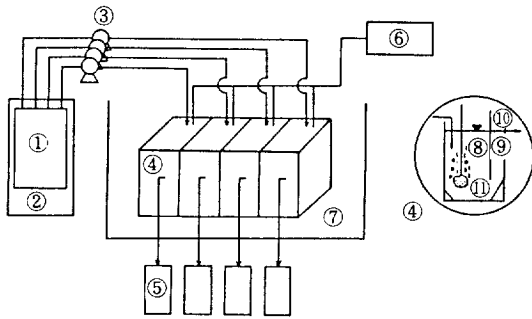


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus of continuous type reactor.

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| 1. Raw wastewater storage tank | 7. Thermostat    |
| 2. Refrigerator                | 8. Aeration zone |
| 3. Micro tube pump             | 9. Setting zone  |
| 4. Bioreactor                  | 10. Baffle       |
| 5. Effluent storage tank       | 11. Diffuser     |
| 6. Blower                      |                  |

펌프를 설치하였다. 접종에 사용한 슬러지는 본 실험폐수와 유사한 기존 활성슬러지 처리시설에서 구하였으며, 약 2개월간 실험실에서 순화시킨 후 사용하였다. 정상상태하에서의 연속처리도 실험시에 폭기조내 MLSS 농도를 일정하게 유지시키기 위하여, 폭기조내의 MLSS 농도를 매일 측정하고 일정량의 잉여 슬러지를 침전조 하부에서 인출하였다.

#### 2-4. 측정대상항목 및 분석방법

측정대상항목은 pH, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, COD<sub>Mn</sub>, TSS 및 NH<sub>4</sub>-N 등이며, 환경오염 공정시험법에 의한 COD<sub>Mn</sub>[18]을 제외한 모든 분석은 Standard Methods[19]에 의하여 행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 화합응집 처리

##### 3-1-1. 중화처리

TSA 공정폐수는 pH가 평균 1.37로 강산성을 나타내며, 수산화나트륨과 수산화칼슘을 사용하여 중화하였을 때 pH 변화에 따른 COD 제거율을 Fig. 2에 나타내었다. 수산화나트륨 사용시는 응집물이 형성되는 현상은 나타나지 않고 COD 제거율은 pH가 4-8 범위에서 20%로 낮았으나, 수산화칼슘의 경우는 6-8 pH 범위에서 30-40%의 COD 제거율을 나타내어 수산화나트륨의 경우보다 제거율이 양호하였으나 수산화칼슘의 다량 주입에 기인되는 슬러지가 많이 형성되므로 슬러지

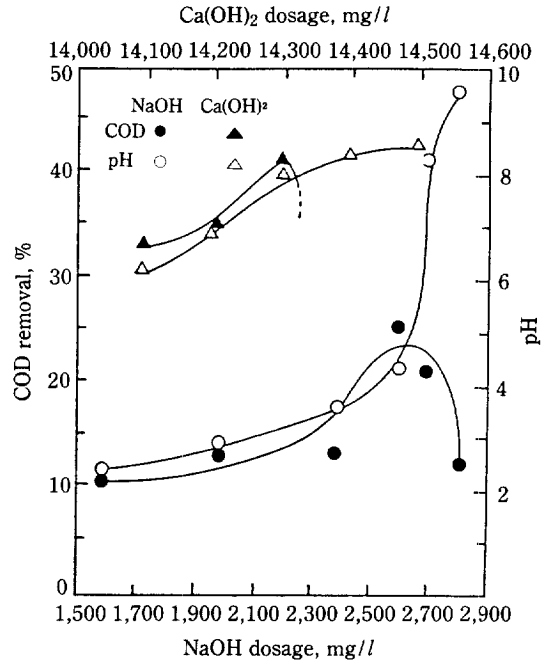


Fig. 2. Neutralization of wastewater using NaOH or Ca(OH)<sub>2</sub> with 2mg/l polymer (Raw w/w: For NaOH case (●, ○), pH=1.6, COD<sub>Mn</sub> = 4,838mg/l, COD<sub>Cr</sub> = 7,982mg/l, SS=420mg/l; for Ca(OH)<sub>2</sub> case (▲, △), pH = 1.0, COD<sub>Mn</sub> = 4,900mg/l, COD<sub>Cr</sub> = 16,500mg/l, SS = 360mg/l).

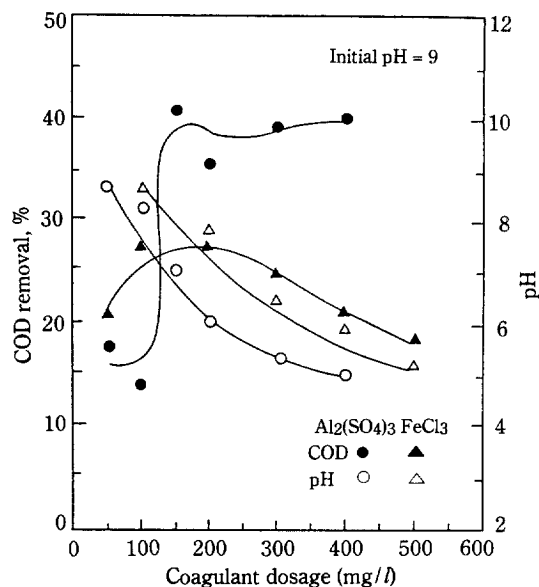
처리에 어려움이 있을 것으로 사료되었다.

##### 3-1-2. 응집 침전 처리

무기응집제로 사용되는 황산알루미늄과 염화제2철의 사용량에 따른 COD 제거율과 pH 변화를 검토하기 위하여, 강산성인 원폐수를 수산화나트륨으로 pH를 9로 상승시켜 염기성으로 만든 뒤에 무기응집제의 투입량에 따른 COD 제거율을 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보여주는 바와 같이 황산알루미늄을 사용했을 때가 COD 제거율이 40%로 염화제2철 보다 10% 정도 높은 결과를 나타내며, 이때의 황산알루미늄의 사용량은 300mg/l이었다.

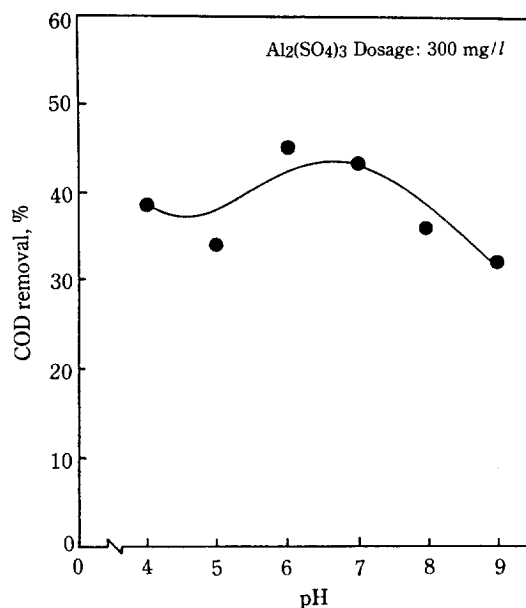
이는 Yang[8]이 염색폐수에 600-1000mg/l의 황산알루미늄을 주입하여 40-48%의 COD 제거율을 얻은 것과 비교할 때 주입량은 적으나 제거율은 비슷한 결과임을 알 수 있었다.

황산알루미늄을 사용할 경우의 최적 pH를 결정하기 위하여 300mg/l의 황산알루미늄을 투입한 다음 수산화나트륨으로 pH를 점차적으로 상승시키면서 pH변화에



**Fig. 3. Chemical coagulation of wastewater using aluminium sulfate or ferric chloride with 2mg/l polymer.**

(Raw w/w: For aluminium sulfate (●,○), pH = 1.7,  $\text{COD}_{\text{Mn}} = 5,393\text{mg/l}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}} = 6,224\text{mg/l}$ ,  $\text{SS} = 418\text{mg/l}$ ; for ferric chloride (▲,△), pH = 1.3,  $\text{COD}_{\text{Mn}} = 5,050\text{mg/l}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}} = 9,258\text{mg/l}$ ,  $\text{SS} = 852\text{mg/l}$ ).



**Fig. 4. COD removal versus pH change at fixed aluminium sulfate dosage.**

(Raw w/w: pH = 1.5,  $\text{COD}_{\text{Mn}} = 4,875\text{mg/l}$ ).

다른 COD 제거율을 검토한 결과, Fig. 4에 나타난 바와 같이 6.0-6.5 pH 범위에서 COD 제거율이 43-45%로 가장 높게 나타났다.

**Table 2. Summary of operating results (experiment A).**

Type of waste	t	Influent			Effluent			MLSS	F/M	Remarks
		TCOD	SCOD	TBOD	TCOD	SCOD	SBOD			
200	48	2,913	2,430	—	1,720	1,359	—	2,684	—	Aeration-
	72	2,880	2,433	—	1,647	1,301	—	2,611	—	Only
	96	2,862	2,490	—	1,782	1,294	—	2,512	—	CMAS
	120	2,870	2,467	—	1,551	1,225	—	2,480	—	
400	48	1,471	1,220	—	642	563	—	1,794	—	Aeration-
	72	1,350	1,184	—	604	471	—	1,225	—	Only
	96	1,350	1,173	—	530	413	—	1,024	—	CMAS
	120	1,452	1,261	—	525	391	—	922	—	
600	36	835	701	451	470	357	86	1,501	0.20	Return
	48	840	703	428	424	276	63	1,391	0.154	Sludge
	72	850	701	446	366	218	46	1,390	0.107	CMAS
	96	838	714	452	291	189	36	1,340	0.084	
600*	36	560	489	290	345	316	74	2,400	0.081	Return
	48	560	489	290	336	277	68	2,100	0.069	Sludge
	60	560	489	290	298	248	55	1,870	0.062	CMAS
	84	560	489	290	242	189	34	1,550	0.53	

Note: t = aeration time (hr), F/M = grBOD/gr MLSS/day

\* = TSA process waste pretreated with coagulant. All units, mg/l where applicable. COD =  $\text{COD}_{\text{Mn}}$

Table 3. Summary of operation results (experiment B).

Type of waste	t	Influent			Effluent			MLSS	F/M	Remarks
		TCOD	SCOD	TBOD	TCOD	SCOD	SBOD			
Composite A	18	580	478	301	417	350	82	2,190	0.183	
	24	586	489	310	397	321	71	1,936	0.160	Return
	48	576	481	298	306	231	36	1,654	0.090	Sludge
	72	583	481	301	245	188	25	1,579	0.064	CMAS
	96	583	482	301	212	169	20	1,542	0.049	
Composite B	12	390	332	210	224	181	40	2,168	0.194	
	24	386	321	220	189	160	32	1,620	0.136	Return
	48	386	317	202	179	145	25	1,130	0.089	Sludge
	72	390	318	208	170	121	21	850	0.082	CMAS
	96	390	318	208	166	116	19	760	0.068	
Composite C	12	188	172	97	140	122	24	1,394	0.139	Return
	24	189	171	99	131	106	19	1,211	0.082	Sludge
	40	187	174	97	116	94	16	1,200	0.049	CMAS
	51	188	171	97	100	87	14	1,024	0.045	

Note: t = aeration time (hr)

F/M = grBOD/gr MLSS/day

COD = COD<sub>Mn</sub>

All units, mg/l where applicable

## 3-2. 생물학적 처리

Table 2는 TSA 공정폐수를 각각 2배, 4배 및 6배 희석한 후 장기폭기 활성슬러지 처리공법으로 실험(실험A)한 결과를 요약한 것이고, Table 3은 종합폐수의 실험(실험B)을 요약한 것이다.

## 3-2-1. 유기물 제거효과

## 3-2-1-1. 폭기시간에 따른 제거효율

Fig. 5 및 6은 TSA 공정폐수의 희석처리 및 종합폐수의 폭기시간에 따른 SCOD의 제거율을 나타낸 것이다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 2배 희석의 경우 48-120시간의 폭기에서 SCOD의 제거율은 37.4-45.6%에 불과하고 4배 희석시에도 같은 폭기시간에 51.0-62.2%의 범위이므로 TSA 공정폐수에 포함된 톨루엔 유도체의 독성작용이 미생물 성장에 상당히 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 6배 희석의 경우, 폭기시간이 96시간이면 SCOD 제거율이 70% 이상되고, 120시간에서는 80%에 접근하였다. 그러나 폭기시간을 120시간 이상으로 증가시켜도 COD 제거율은 더 이상 증가하지 않으므로 희석처리를 할 경우에는 6배 희석이 적절한 것으로 생각되었다. TSA 공정폐수를 응집침전의 전처리를 하고 그 상등수를 6배 희석한 후 생물학적으로 처리한 결과는 폭기시간 48시간 이상에서 60%의 SCOD 제거율을 나타내었고 폭기시간을 더 길게하여도 SCOD 제거율은 증가하지 않았다. 이는 응집처리시 미

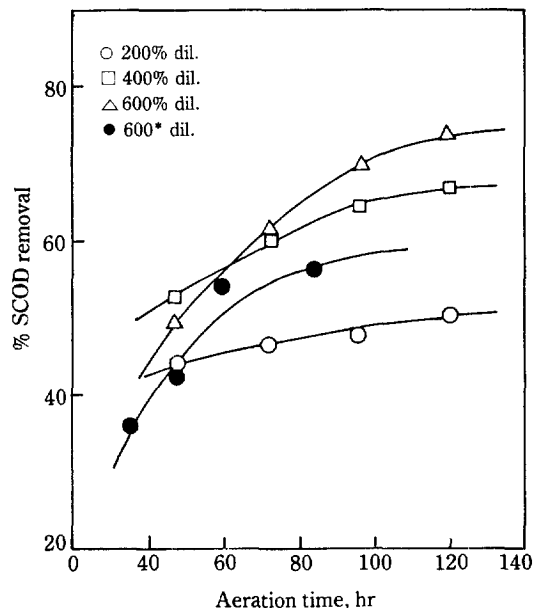


Fig. 5. SCOD removal efficiency vs. aeration time (experiment A).

생물에 의하여 쉽게 분해가능한 유기물이 일부 제거되고 상대적으로 난분해성 유기물이 많이 잔류하여 생긴 결과로 사료되었다.

한편 Fig. 6에서와 같이 종합폐수의 유기물 제거율은

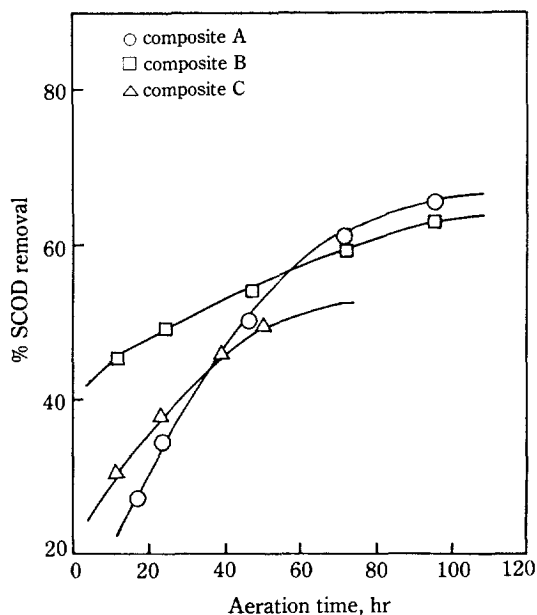


Fig. 6. SCOD removal efficiency vs. aeration time (experiment B).

composite A 및 B의 경우는 SCOD 제거율이 폭기시간에 따라 같은 비율로 증가하였고 80시간 이상 폭기에 60% 이상의 제거율을 보여 TSA 공정폐수의 회석처리시보다 제거율이 증가함을 알 수 있었으나, composite C의 경우는 폭기시간 50시간에서 SCOD가 50% 정도밖에 제거되지 않아 TSA 공정폐수의 응집침전 후의 회석처리와 비슷한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

폭기시간에 따른 BOD 제거율은 Fig. 7에 나타난 바와 같이 TSA 공정폐수를 회석처리하는 경우보다 공장폐수와 혼합한 종합폐수의 경우가 우수하였다. TSA 공정폐수의 회석처리시는 폭기시간 40시간 정도에서, 응집처리 후의 경우는 60시간 이상의 폭기시간에서 BOD 제거율이 80% 이상으로 나타났으나, 종합폐수의 처리시는 각 composite에 대해 12-48시간 범위에서 같은 제거율을 나타내었다.

### 3-2-1-2. F/M비에 따른 제거율

BOD 제거율과 F/M비와의 관계는 Fig. 8에 나타난 바와 같이 F/M비가 감소할수록 제거율은 비례적으로 증가하였다. 각 composite에 따른 제거율을 보면 composite A, B 및 6배 회석한 TSA 공정폐수는 F/M비가 0.008 이하에서 거의 90% 이상의 BOD 제거율을 보였다. 또한 F/M비를 0.08 이하로 더 감소

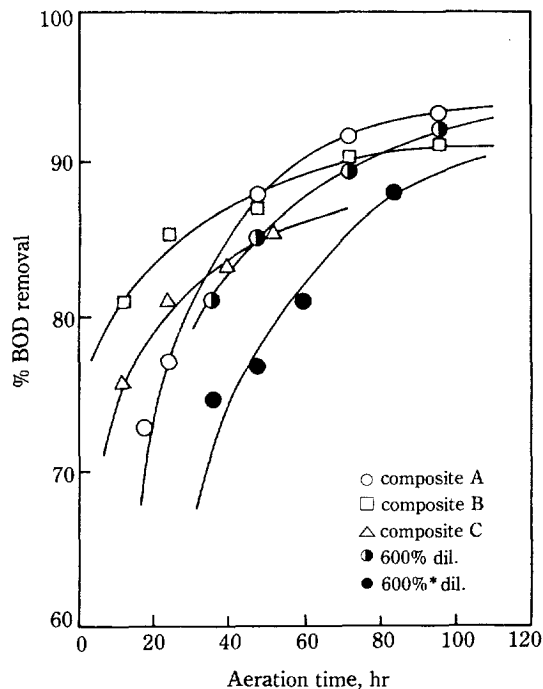


Fig. 7. BOD removal efficiency vs. aeration time  $[(TBOD-SBOD)/TBOD \times 100]$ .

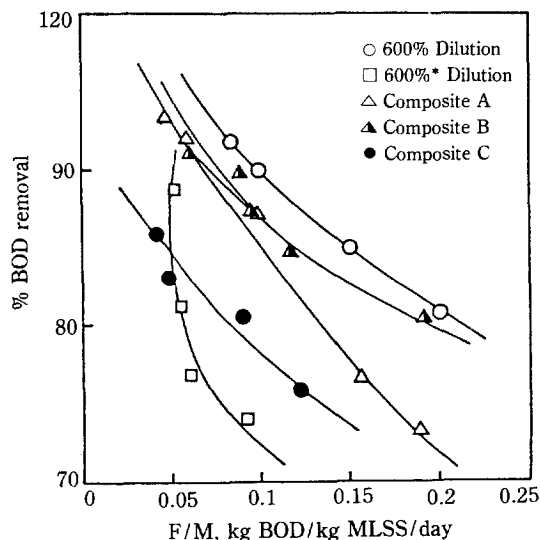


Fig. 8. BOD removal efficiency vs. F/M ratio.

시켜도 BOD 제거율에는 크게 영향을 주지 못하는 반면, F/M비가 0.1 이상에서는 F/M비의 증가에 따라 제거율은 급속히 낮아짐을 알 수 있었다.

따라서 혼합처리의 경우 F/M비를 0.1 이하로 운전하는 것이 BOD 제거율을 높게 유지할 수 있음을 알

수 있었으며, 응집처리가 수반된 경우는 F/M비를 0.1 이하로 감소 운전하더라도 BOD 제거율은 85%이내로 한정되며, 특히 TSA 공정폐수의 경우는 극히 적은 F/M비의 변화에 BOD 제거율은 큰 변화를 보여주므로 BOD 제거가 F/M비의 차이보다는 폭기시간과 관계가 있는 것으로 생각되었다.

### 3-2-1-3. 유출수내의 SCOD 및 SBOD 비교

실제 처리장 설계시 유출수내의 SCOD 및 SBOD를 예상하기 위하여 각 유입수에 대한 유출수질 관계를 Fig. 9와 10에 나타내었다. 먼저 유입 COD에 대한 유출 SCOD를 보면 Fig. 9에 나타난 바와 같이 유입 TCOD가 528-841 mg/l 범위에서는 폭기시간 80시간 이상에서 200 mg/l 이하의 SCOD를 기대할 수가 있으며, 응집처리의 전처리가 수반되면 같은 폭기시간에서 80-140 mg/l 범위의 SCOD가 예상되었다. 따라서 본 실험대상 폐수의 경우 현행 환경보전법상 폐수 배출 허용기준인 COD 150 mg/l 이하로 하기 위해서는 미 제거 COD를 위한 3차 처리시설을 추가하여야 할 것으로 사료되었다. 그러나 SBOD의 경우는 각 composite에 관계없이 80시간 이상 폭기시간에서 SBOD 40 mg/l 이하로 처리됨을 보여 주었다.

### 3-2-2. 동력학적 계수 산출

희석배율을 달리한 TSA 공정폐수와 종합폐수의 각

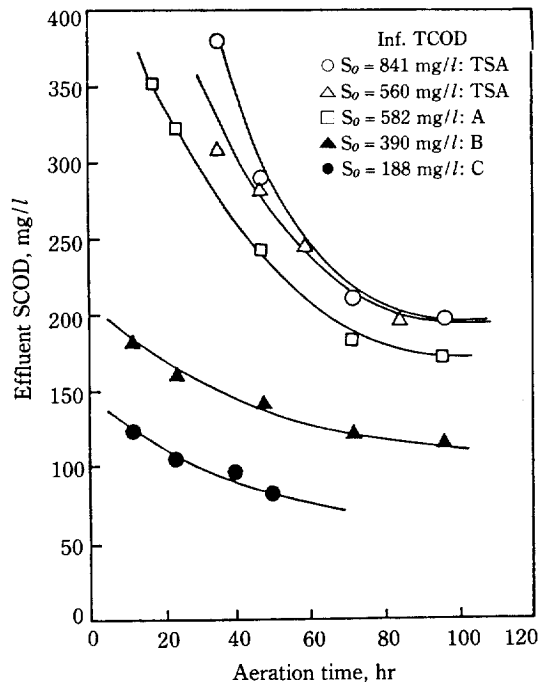


Fig. 9. Effluent SCOD vs. aeration time.

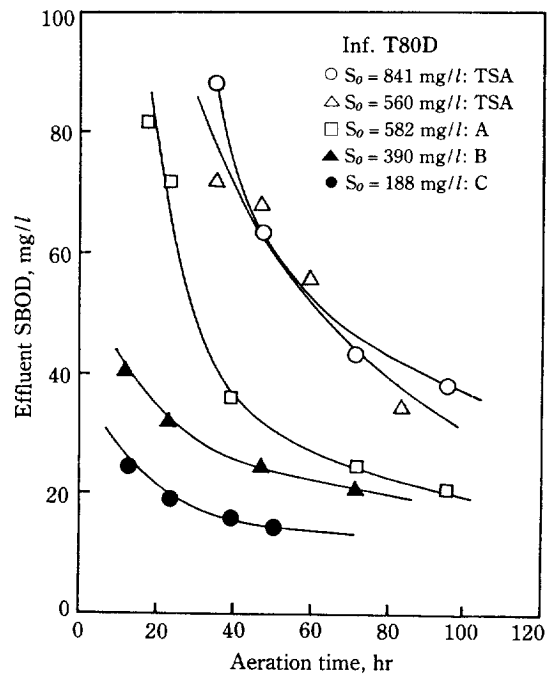


Fig. 10. Effluent SBOD vs. aeration time.

composite에서 유기물의 생물학적 분해능력을 보다 면밀히 검토하기 위하여 유입 및 유출수의 BOD에 기준하여 반응조내 슬러지 반응을 고려한 물질수지식에서 유도되는 다음의 식을 이용하여 동력학적 계수들, 즉 최대 유기물 제거속도(k), Michaelis-Menten 상수( $K_s$ ), 미생물 성장속도 계수(Y) 및 내호흡 계수( $K_d$ )를 산출하였다[20-22].

$$\frac{X \cdot \theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{k} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{k} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot \frac{S_0 - S}{X \cdot \theta} - K_d \quad (2)$$

식 (1)을 이용하여 Fig. 11에서 구한 k 및  $K_s$ 는 각

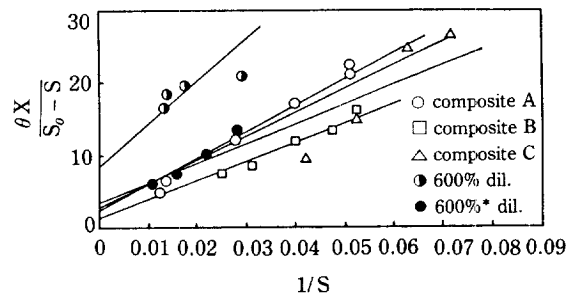


Fig. 11. Graphical analysis of kinetic data for k and  $K_s$ .

Table 4. Calculated  $k$  and  $K_s$  values.

Type of w/w	Calculated value $k(\text{day}^{-1})$ $K_s(\text{mg/l})$		Remarks
600% dilution(TSA)	0.250	92.0	Operating
600% dilution*(TSA)	0.174	68.8	temperature,
Composite A	0.416	138.7	$22 \pm 1^\circ\text{C}$ where
Composite B	0.452	152.6	applicable
Composite C	0.286	79.4	

\* TSA process waste pretreated with chemical coagulant

composite별로 Table 4에 나타내었다. 산출된  $k$  및  $K_s$ 값은 TSA 공정폐수 단독처리시  $0.174\text{--}0.250 \text{ day}^{-1}$ ,  $68.8\text{--}92.0 \text{ mg/l}$  범위로 나타났으며, 종합폐수의 경우는  $0.286\text{--}0.410 \text{ day}^{-1}$ ,  $79.4\text{--}152.6 \text{ mg/l}$ 로 계산되어 TSA 공정폐수는 공장폐수와 혼합 후 처리하는 것이 자체의 희석효과와 함께 유기물 제거속도가 2배 정도 증가함을 보여 주었다. 계산된  $k$ 값은 TSA 공정폐수의 경우 Ghosh[16]가 염색폐수의 처리도 실험에서 구한  $0.19\text{--}0.24 \text{ day}^{-1}$ 과는 비슷한 값이었으나 일반 유기화학 공장폐수[23]의  $0.316 \text{ day}^{-1}$ 보다는 낮으므로, 염료공장폐수는 미생물에 의한 유기물 분해속도가 느리므로 재래식 활성슬러지법보다는 장기폭기법으로 처리하는 것이 유리하다는 Yang[8], Thomas[10] 등의 주장과 일치함을 알 수 있었다.

식 (2)를 이용하여  $Y$  및  $K_d$ 값을 Fig. 12에서 구하였으며, 각 composite별로 계산한 값을 Table 5에 나타내었다. Fig. 12에서 구한  $Y$ 값과  $K_d$ 값은 각각  $0.445\text{--}0.653$ ,  $0.0022\text{--}0.0075 \text{ day}^{-1}$ 범위로  $Y$ 값의 경우는 Ghosh[16], Davis[17]가 산출한  $0.53$ ,  $0.66$ 과 비슷하였으나,  $K_d$ 값은 일반적인 범위인  $0.04\text{--}0.075 \text{ day}^{-1}$ 과 비교해 볼 때 매우 낮은 수치로 나타났다. 그러나 Mgnhier[24]와 Grady[25]가 제시한 유기화학

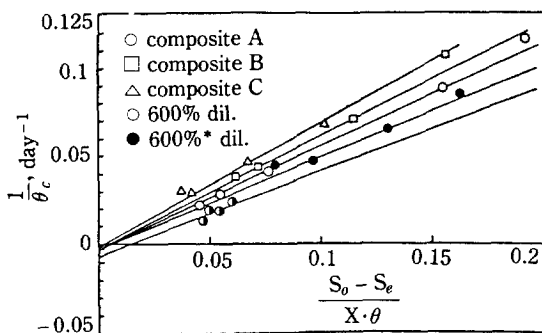

 Fig. 12. Graphical analysis of kinetic data for  $K_d$  and  $Y$ .

 Table 5. Calculated  $Y$  and  $k_d$  values.

Type of w/w	Calculated values $K_d(\text{day}^{-1})$ $Y$		Remarks
600% dilution	0.0075	0.445	Operating
600% dilution*	0.0044	0.471	temperature,
Composite A	0.0044	0.571	$22 \pm 1^\circ\text{C}$ where
Composite B	0.0044	0.625	applicable
Composite C	0.0022	0.653	

\* TSA process waste pretreated with chemical coagulant

공장폐수의  $K_d$ 값  $0.0015\text{--}0.0083 \text{ day}^{-1}$ 과는 비슷한 값을 알았다.

#### 4. 결 론

Toluidine sulfonic acid(TSA) 공정폐수 및 TSA 공정폐수와 공장폐수를 혼합한 종합폐수를 화학적, 생물학적 처리도 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 화학응집처리시 염화제2철보다 황산알루미늄을 사용했을 때 COD 제거율이 높으며, 황산알루미늄의 경우 pH가 6.5이고 투입량이  $300 \text{ mg/l}$ 일 때 COD 제거율은 40% 정도로 나타났다.
2. 활성슬러지 처리에서 폭기시간 86시간 이상, F/M비  $0.074 \text{ kgBOD/kgMLSS/day}$  이하에서, BOD 및 COD 제거율은 각각 88%, 66% 이상이었다.
3. TSA 공정폐수를 희석처리하는 경우보다는 공장폐수와 혼합하여 처리할 때가 유기물 제거속도가 2배 정도 증가하였다.
4. TSA 공정폐수를 6배 희석경우와 종합폐수에 대한 생물학적 처리시의 동력학적 계수를 산출한 결과,  $k$ 는  $0.174\text{--}0.452 \text{ day}^{-1}$ ,  $K_s$ 는  $68.8\text{--}152.6 \text{ mg/l}$ ,  $Y$ 는  $0.445\text{--}0.653$ ,  $K_d$ 는  $0.0022\text{--}0.0075 \text{ day}^{-1}$  범위임을 알 수 있었다.
5. 실제 처리장 설계시, 폭기시간 80시간 이상에서 유출수내의 SCOD는  $200 \text{ mg/l}$  이하, SBOD가  $40 \text{ mg/l}$  이하로 예상되었고, 응집처리 후의 생물학적 처리시는 SCOD가  $100 \text{ mg/l}$  이하로 예상되었다.

#### NOMENCLATURE

- $k$  : Maximum specific substrate utilization rate ( $\text{time}^{-1}$ )  
 $K_d$  : Cell decay coefficient ( $\text{time}^{-1}$ )



- $K_s$  : Michaelis-Menten constant (mass/volume)  
 MLSS : Mixed liquor suspended solids (mass / volume)  
 $S_o$  : Influent total BOD<sub>5</sub> concentration (mass / volume)  
 $S$  : Effluent soluble BOD<sub>5</sub> concentration (mass / volume)  
 $X$  : MLSS in the aeration tank (mass/volume)  
 $Y$  : Cell yield coefficient  
 $\theta$  : Aeration time (time)  
 $\theta_c$  : Mean cell residence time (time)

## REFERENCES

- Calley, A.G., Forster, C.F. and Staffort, D.A.: "Treatment of Industrial Effluent", Hobber and Stoughton, 273 (1977).
- Milesell, R.D.: ASCE, **107**, 1261 (1981).
- Eckenfelder, W.W., Roth, J.A. and McMullen, E.D.: Proc. of the 30th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 641 (1975).
- The International Technical Information Institute, "Handling and Disposal Manual for Toxic and Hazardous Industrial Chemicals with Toxicity and Hazard Datas", 525 (1979).
- Ghosh, M.M., et al.: WPCF, **50**, 1976 (1978).
- Porter, J.J. and Snider, E.R.: WPCF, **48**, 2198 (1976).
- Dennis, W.W. and Hodgson, A.G.: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 776 (1977).
- Yang, P.Y. and Pescod, M.B.: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 227 (1977).
- Nemerow, N.L.: "Liquid Waste of Industry, Theories, Practics and Treatment", Addition-Wesley (1981).
- Thomas Crowe and Linda Little: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 655 (1977).
- Tsai, K.C. and Looper, R.D.: *Ind. Wastes*, **25**(2), 23 (1979).
- Sainz-Sastre, J.A., et al.: *Chem. Abs.*, **90**, 91854 (1979).
- Shaul, G.M., Barnett, M.W. and Dostal, K.A.: Proc. of the 33th Ind. Waste Conf. Purdue Univ., 659 (1983).
- Shaul, G.M., Barnett, M.W. and Dostal, K.A.: Proc. of the 37th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 677 (1982).
- Shriver, L.E. and Dague, R.R.: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 581 (1977).
- Ghosh, M.M. and Wood, F.E.: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 663 (1977).
- Davis, G.M. and Adams, C.E.: Proc. of the 32th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 981 (1978).
- APHA, AWWA & WPF.: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 15th Ed., Washington, DC (1980).
- 산업공해연구소, 환경오염 공해공정 시험법(수질 분야), (1983).
- Eckenfelder, W.W. Jr.: JWPCF, **39**(2), 240 (1967).
- Lawrence, A.W. and McCarty, P.L.: ASCE, **96**(SA3), (1970).
- Ramanathan, M. and Gaudy, A.F. Jr.: *Biotech. Bioeng.*, **11**, 207 (1969).
- Metcalf & Eddy, Inc.: "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse", 2nd ed., McGraw-Hill Book, NY (1979).
- Mynhier, M.D. and Grady, C.P.L. Jr.: ASCE, **101**, 829 (1975).
- Grady, P.L., Jr. and Williams, D.R.: *Waste Research*, **9**, 171 (1975).