

# 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水

黃汝賢\* 李俊德\* 翁文炯\*\*

曾聰智\*\*\* 李峰輝\*\*\*

## 摘要

本研究係採用延長曝氣槽水力停留時間之連續流活性污泥法，探討其對大社工業區綜合石化廢水中有機物之處理極限。

當進流 C O D 濃度介於  $1,050 \sim 1,100 \text{ mg/l}$  時，活性泥污法在最佳操作條件下（有機負荷為  $0.35 \text{ kg COD/Kg MLVSS-day}$ ），其對 C O D 之去除率為 73%，即放流水 C O D 濃度  $280 \text{ mg/l}$ 。另外，活性污泥法可處理含氟化物低於  $45 \text{ mg/l}$  綜合石化廢水。

## 一、前言

大社工業區係一石化專業區，區內設有十一家石化工廠並排放較難生物處理之有機廢水，有些工廠甚至排放氟化物，雖工廠大都按照政府規定，設立了去除有機物及氟化物之前處理設施，然由於設備太簡陋或操作管理不盡理想，致部份工廠廢水經前處理後之排放水質仍極不穩定，使工業區污水處理廠在進流水質不穩定甚或超負荷之情況下，其以活性污泥法為主之處理系統根本無法有效處理各工廠排入之綜合石化廢水。經濟部工業局有鑑於此，特別委託國立成功大學環境工程研究所進行此一綜合石化廢水之模廠試驗，完成後所歸納之設計規範，再另請中鼎工程股份有限公司環境工程專案室進一步作大社工業區污水處理廠擴廠之細部設計，目前擴廠工程已完成且操作運轉極為良好。本文係就模廠試驗（實驗室規模）中活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水之試驗結果作一詳細之探討。

\* 國立成功大學環境工程研究所教授

\*\* 中國鋼鐵股份有限公司環保工程處工程師

\*\*\* 中鼎工程股份有限公司環境工程專案室協理及設計經理

## 二、實驗設備與方法

### (一) 實驗設備

本研究使用兩套連續流完全混合式之活性污泥處理系統，其曝氣槽與沈澱槽係由壓克力製成，體積分別為 7.8 及 1.9 公升。曝氣槽與沈澱槽下方互相連通，使曝氣槽內之混合液由底部流入沈澱槽，沈澱下來之污泥可藉重力再迴流至曝氣槽，而上澄液則由沈澱槽上方溢流設備流出。曝氣設備採用飼養熱帶魚的空氣馬達 ( air pump )，並將塑膠管線連接散氣石後再固定於曝氣槽底部，以利擴散成小氣泡而提高供氧效果。另外，定量抽水馬達則採用法國 Gilson 製造之 Minipuls 2 。

### (二) 實驗方法

#### 1. 實驗廢水

將大社工業區污水處理廠調勻池之混合水運回實驗室進行處理研究，而未立即使用之實際廢水均置於 4 °C 的冷藏室貯存。

#### 2. 處理系統之操作控制環境

##### (1) 溶氧量

為避免污泥鬆化，活性污泥處理系統之曝氣槽溶氧值須達 2.0 mg / ℓ 以上，故本研究試驗之曝氣槽中的溶氧值均維持在 2.0 ~ 4.0 mg / ℓ 之間。

##### (2) 溫度

試驗期間將活性污泥處理設備置於恒溫室內，溫度控制約為 25 ± 2 °C 。

##### (3) pH

由於載回之石化廢水 pH 約為 8.0 左右，且曝氣槽內 pH 值均維持在 7.5 ~ 8.0 之間，故不須調整 pH 即可進行生物處理。

##### (4) 營養劑

原廢水之氮、磷含量均甚充足，亦即達到  $BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1$  之標準，故曝氣槽內未再添加任何營養劑。

##### (5) 污泥馴養

植種污泥採自大社工業區污水處理廠曝氣槽之迴流污泥。

#### 3. 活性污泥處理系統之連續流試驗操作

本項研究試驗係採用污泥停留時間 ( SRT ) 法控制處理系統之操作，其方式為藉選定的 SRT 值決定每天必須排除之混合液體積，再固定由曝氣槽中排除之。每個試程平均操作時間約 15 天，當廢水進流及放流之 COD 濃度，以及曝氣槽內 MLVSS 濃度連續三天均維持定值後，即視處理系統已達穩定狀態。

#### 4. 水質分析方法

活性污泥處理試驗之水質分析項目詳列於表 10，分析方法係依據美國水質標準檢

驗法，其中有機物成份均分析溶解性 COD 及 BOD<sub>5</sub>，其方式為先將水樣經 3,000 rpm 離心 10~15 分鐘後，再取澄清液化驗之。

表 1 活性污泥處理系統之水質分析項目

	分 析 項 目	進 流 水	混 合 液	放 流 水
	COD	√		√
	BOD <sub>5</sub>	√		√
	CN <sup>-</sup>	√		√
	NH <sub>3</sub> -N	√		√
	pH	√	√	√
	MLSS		√	
	MLVSS		√	
	SVI		√	
	攝 氧 率		√	

### 三、實驗結果與討論

#### (一) 綜合石化廢水特性

大社工業區污水處理廠目前所處理的綜合石化廢水，主要來自區內十一家設有廢水前處理設備之石化工廠排放廢水，而研究期間所分析之廢水水質特性如表 2 所示。

#### (二) 活性污泥法處理綜合石化廢水

##### 1. COD、BOD<sub>5</sub> 去除率與有機負荷 ( F / M ) 之關係

本項試驗之操作控制條件為有機負荷 0.21 ~ 1.06 kg COD / kg MLVSS - day ( 0.10 ~ 0.68 kg BOD<sub>5</sub> / kg MLVSS - day )，其結果整理如表 3 及圖 1、圖 2。

表2 大社工業區綜合石化廢水水質特性

項 目	濃 度
pH	7.6 — 8.7
COD	772 — 1,172
BOD <sub>5</sub>	389 — 656
NH <sub>3</sub> -N	70 — 120
Org. - N	50 — 80
T.P.	0.5 — 1.3
Phenol	1.0 — 2.0
CN <sup>-</sup>	2.5 — 5.1
油 脂	4.5 — 7.0

註：除 pH 值外，其他水質項目之濃度均以 mg / ℓ 表示。

試驗結果顯示：COD去除率隨有機負荷（以 COD 表示）之降低而增加，如圖 1 所示。在水力停留時間及有機負荷分別為 10 小時及 1.06 kg COD / kg MLVSS-day 之操作條件下，COD 之去除率僅 50%，而當水力停留時間增長為 20 小時後，亦即使有機負荷降至 0.35 kg COD / kg MLVSS-day 時，COD 之去除率可提高至 73%。然若水力停留時間繼續分別增長為 25 小時及 30 小時，COD 之去除率已無明顯上升之趨勢。另外，BOD<sub>5</sub> 去除率亦隨有機負荷（以 BOD<sub>5</sub> 表示）之降低而增加，如圖 2 所示。在水力停留時間及有機負荷分別為 10 小時及 0.68 kg BOD<sub>5</sub> / kg MLVSS-day 之操作條件下，BOD<sub>5</sub> 之去除率可達 85%，若水力停留時間增長，並使有機負荷減少至 0.19 kg BOD<sub>5</sub> / kg MLVSS-day 時，BOD<sub>5</sub> 之去除率可高達 96%。BOD<sub>5</sub> 之去除效果如同 COD 一樣，然若水力停留時間繼續分別增長為 25 小時及 30 小時，BOD<sub>5</sub> 之去除率已無明顯上升之趨勢。

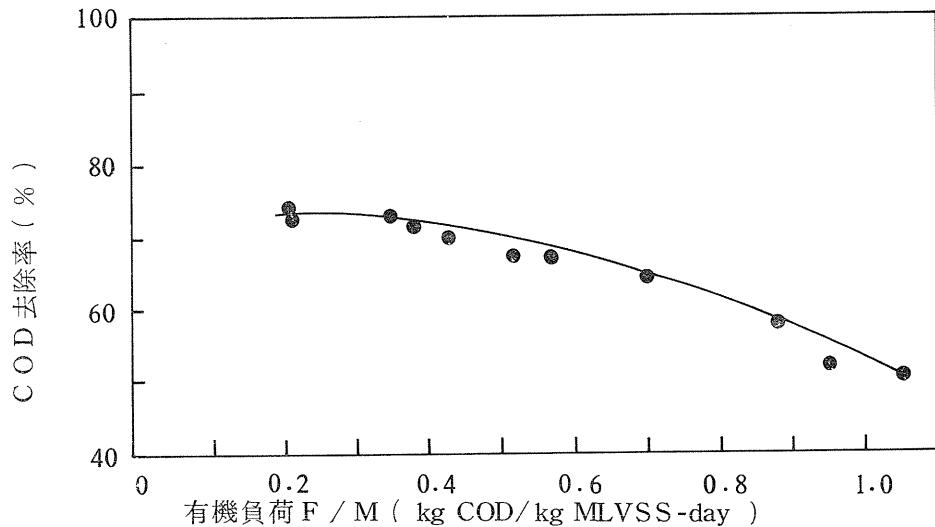


圖 1 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之 C O D 去除率與有機負荷之關係

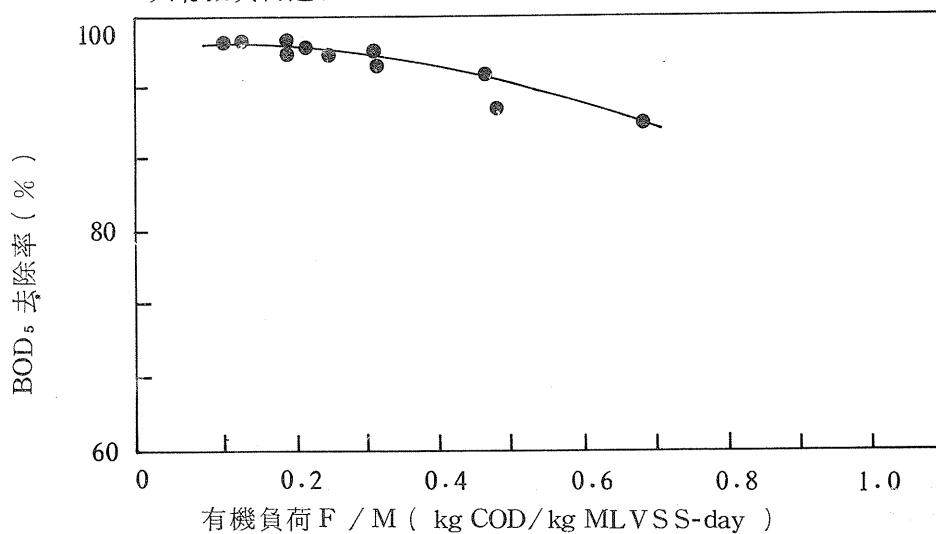


圖 2 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之 BOD<sub>5</sub> 去除率與有機負荷之關係

## 2. C O D 、 BOD<sub>5</sub> 去除率與容積負荷之關係

本項試驗之操作控制條件為容積負荷  $0.66 \sim 2.01 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$  ( $0.39 \sim 1.29 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^3\text{-day}$ )，其結果整理如表 3 及圖 3 、圖 4。試驗結果顯示：C O D 去除率隨容積負荷（以 C O D 表示）之降低而增加，如圖 3 所示。水力停留時間及容積負荷分別為 10 小時及  $2.01 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$  之操作條件下，C O D 之去除

表3 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水之操作條件及試驗結果

水力停留時間 ( hrs )	污泥停留時間 ( days )	曝氣槽混合液之污泥濃度 ( mg / ℥ )	有機負荷 ( F / M )	容積負荷 ( kg COD / kgMLVSS-day )	$\frac{kg BOD_5}{kgMLVSS-day}$	$\frac{kg COD}{kgMLVSS-day}$	$\frac{kg BOD_5}{m^3 - day}$	$\frac{kg BOD_5}{m^3 - day}$	進流基質濃度 ( mg / ℥ )		放流基質濃度 ( mg / ℥ )	COD去除率 ( % )	BOD <sub>5</sub> 去除率 ( % )
									COD <sub>0</sub>	BOD <sub>05</sub>	COD <sub>e</sub>	BOD <sub>e5</sub>	
10	10	2,753	1,900	1.06	0.68	2.01	1.29	840	536	420	80	50	85
10	15	3,042	2,106	0.88	0.46	1.85	1.16	772	484	324	43	58	91
10	20	3,164	2,121	0.95	0.48	2.01	1.03	839	429	403	56	52	87
15	20	3,344	2,275	0.70	0.31	1.59	0.82	995	512	358	36	64	93
20	20	4,175	2,505	0.56	0.31	1.41	0.79	1,172	656	387	40	67	94
20	30	3,947	2,685	0.52	0.24	1.41	0.79	1,172	656	388	39	67	94
20	40	4,514	2,934	0.43	0.19	1.27	0.70	1,055	582	327	29	69	95
20	50	5,487	3,292	0.38	0.21	1.12	0.69	1,055	574	306	28	71	95
20	60	6,183	3,545	0.35	0.19	1.27	0.68	1,058	568	282	23	73	96
20	60	6,508	3,578	0.35	0.19	1.27	0.68	1,058	568	280	22	73	96
25	60	6,740	3,890	0.21	0.12	0.82	0.46	851	476	229	19	73	96
30	60	7,215	3,733	0.21	0.10	0.66	0.39	831	459	232	20	72	96

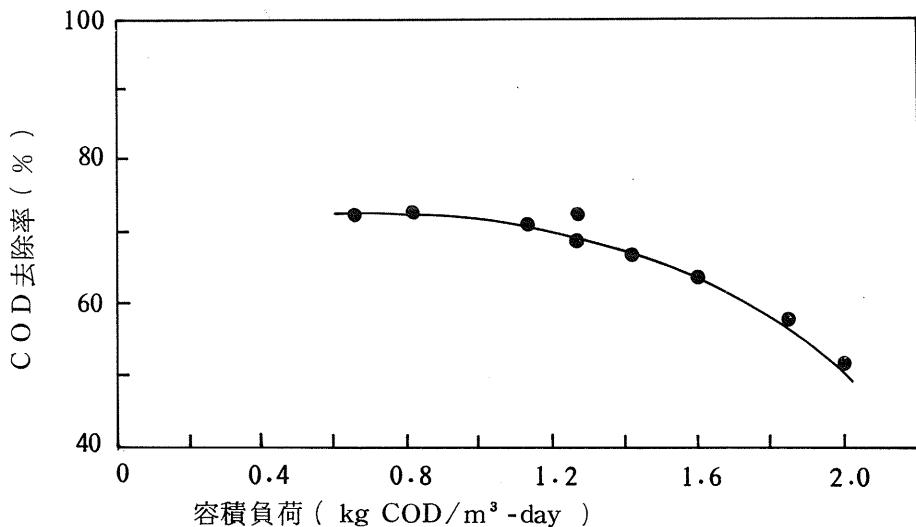


圖 3 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之 C O D 去除率與容積負荷之關係

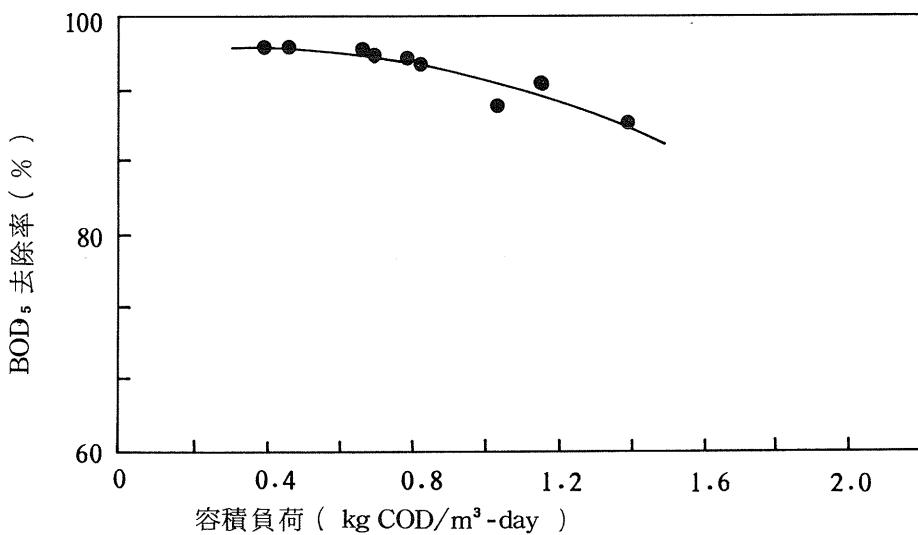


圖 4 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之 BOD<sub>5</sub> 去除率與容積負荷之關係

率僅 50 %，而當水力停留時間增長為 20 小時後，亦即使容積負荷降至 1.27 kg COD / m<sup>3</sup>-day 時，C O D 之去除率可高達 73 %。另外，BOD<sub>5</sub> 去除率亦隨容積負荷（以 BOD<sub>5</sub> 表示）之降低而增加，如圖 4 所示。當容積負荷自 1.29 kg BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup>-day 降至 0.68 kg BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup>-day 時，BOD<sub>5</sub> 去除率可自 85 % 提高為 96 %，而當容積負荷再繼續降至 0.39 kg BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup>-day 時，BOD<sub>5</sub> 之去除率則不再增加。

### 3. 最佳之處理操作條件

若水力停留時間及MLVSS 分別控制在20小時及 $2,505 \sim 3,578 \text{ mg/l}$  之操作條件下，且進流水 COD濃度控制在 $1,055 \sim 1,172 \text{ mg/l}$  之間，則經由活性汙泥法處理之放流水質，可由表3及圖5得知，放流水 COD濃度隨MLVSS 之增加而有顯著下降之趨勢，當MLVSS 增至 $3,578 \text{ mg/l}$ 時，可將 COD自 $1,058 \text{ mg/l}$ 去除至 $280 \text{ mg/l}$ ，亦即有73%之去除率。

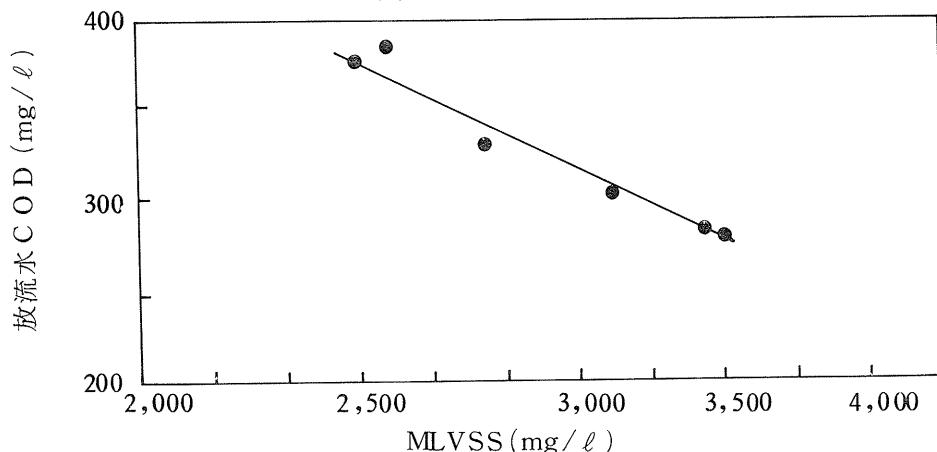


圖 5 活性汙泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之放流水 COD濃度與 MLVSS 之關係 (操作條件：水力停留時間20小時，進流水 COD  $1,055 \sim 1,172 \text{ mg/l}$ )

茲將本研究之活性汙泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗結果之最佳操作條件，詳列如表4。

表 4 活性汙泥法處理大社工業區綜合石化廢水之最佳操作條件

水力 停留 時間	曝氣槽混合 液之汙泥濃 度 (mg/l)		有機負荷 (F/M)		容積負荷		COD 去除率	BOD <sub>5</sub> 去除率
			(kg COD)	(kg BOD <sub>5</sub> )	(kg COD)	(kg BOD <sub>5</sub> )		
(hrs)	MLSS	MLVSS	kg MLVSS-day	kg MLVSS-day	kg MLVSS-day	kg MLVSS-day	(%)	(%)
20	6,508	3,578	0.35	0.19	1.27	0.68	73	96

#### 4. 多重基質去除動力模式之生物動力常數

將表 3 之 12 組活性汙泥法處理大社工業區綜合石化廢水在穩定狀態下所得之試驗數據，分別以  $1 / \theta_c$  對  $S_o - S_e / X \cdot t$  及以  $S_o - S_e / X \cdot t$  對  $S_o$  作圖，如圖 6 及圖 7 所示，即可求得生物動力常數  $Y_T$  ( 真實生長係數，true yield coefficient )， $K_d$  ( 生物衰減係數，decay coefficient ) 及  $K$  ( 基質去除特性係數，substrate removal characteristic coefficient )。

本文生物動力常數之推求，均以 COD 代表基質，所得之  $Y_T$ 、 $K_d$  及  $K$  值分別為  $0.17 \text{ mg VSS/mg COD}$ ， $0.019 \text{ day}^{-1}$  及  $1.7 \text{ day}^{-1}$ 。

上述生物動力常數與林光華<sup>(1)</sup>處理含高濃度 COD 與氟化物之丙烯腈工業廢水所得之  $Y_T 0.21 \text{ mg VSS/mg COD}$ ， $K_d 0.0168 \text{ day}^{-1}$  等數值甚接近。可見石

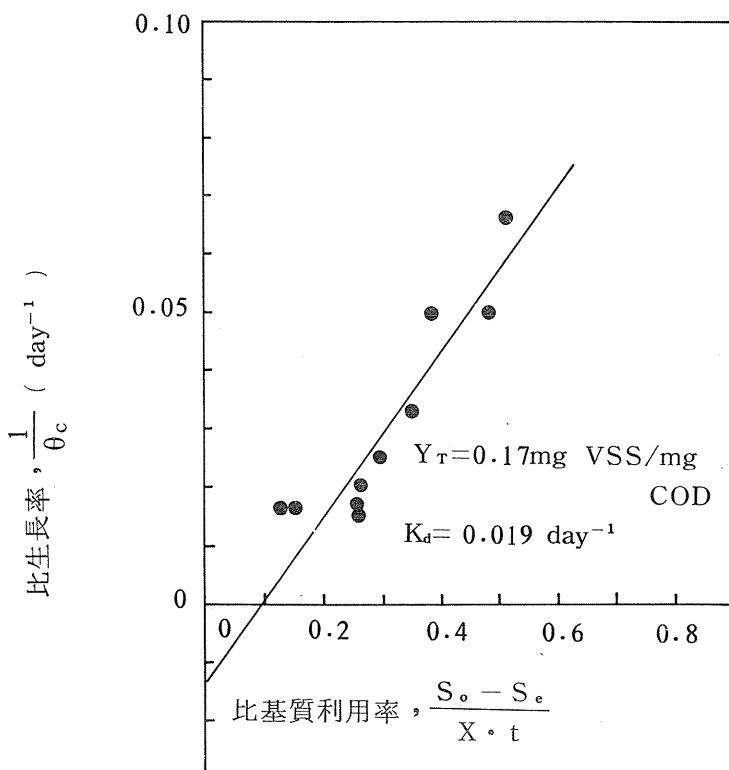


圖 6 比生長率 ( $\frac{1}{\theta_c}$ ) 與比基質利用率 ( $\frac{S_o - S_e}{X \cdot t}$ ) 之關係  
(  $S_o$  及  $S_e$  均以 COD 表示 )

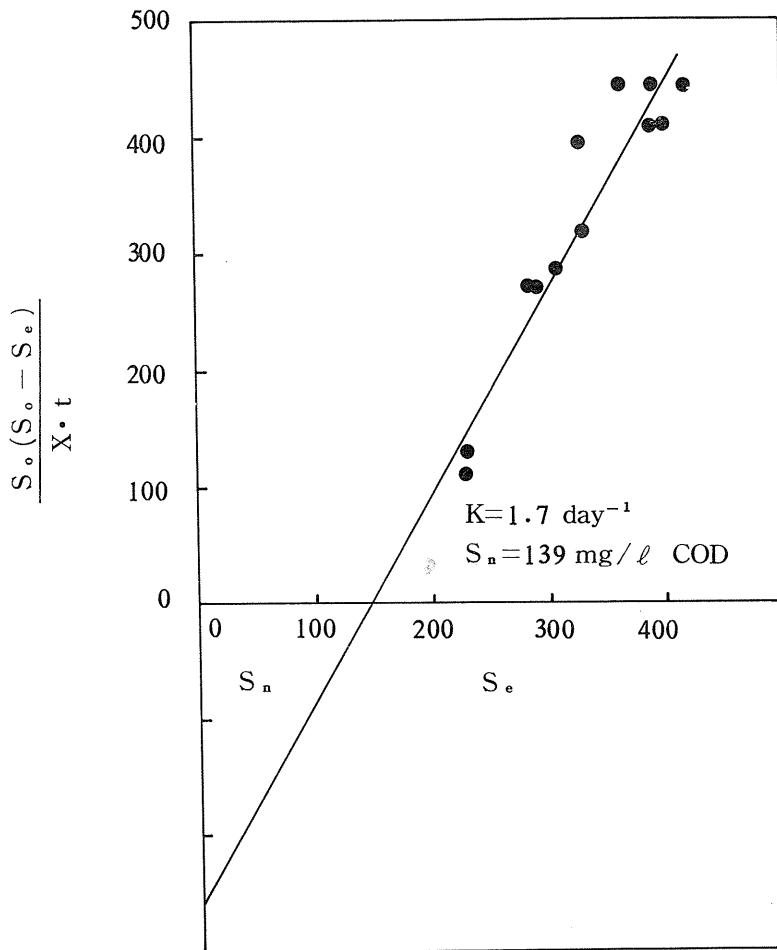


圖 7  $\frac{S_0(S_0 - S_e)}{X \cdot t}$  與放流基質 ( $S_e$ ) 之關係 ( $S_0$  及  $S_e$  均以 C O D 表示)

化廢水以 C O D 所推求之  $Y_T$  值，遠較一般家庭污水及酵母、蘇打等有機工業廢水低 ( $0.3 \sim 0.7$ )<sup>(2)</sup>，表示石化廢水中每單位重量之有機物去除所能增值之活性污泥量較低，故必須藉延長活性污泥處理系統之污泥齡 ( $\theta_c$ )，才能使曝氣槽維持適當濃度之MLVSS。

另外，圖 7 亦顯示在 X 軸上有一截距  $S_n$  與理論模式必須通過原點之直線特性有些偏差，表示廢水中仍含有一些生物不能分解之有機物。換言之，大社工業區綜合石化廢水仍含有  $139 \text{ mg}/\ell$  生物不能分解之有機物 (以 C O D 表示)。此一結果可藉下述之經驗模式說明之：

$$S_e = \frac{S_o (1 + K_d \theta_c)}{Y_T K \theta_c} + S_n$$

式中  $S_n$  表示廢水中生物不能分解之有機物。

#### 5.供氧量之汚泥增殖係數及內呼吸速率常數

本項試驗之操作條件為水力停留時間10~30小時，MLVSS 1,900 ~ 3,890 mg/l。以比氧利用率對比基質利用率作圖，如圖8所示，可求出汚泥增殖係數  $a'$  及內呼吸速率係數  $b'$ 。試驗結果得知大社工業區綜合石化廢水之  $a'$  及  $b'$  值分別為 0.27 mg O<sub>2</sub>/mg COD 及 0.021 mg O<sub>2</sub>/mg MLVSS-day，其中  $a'$  值較一般之工業廢水 0.4 ~ 0.6 mg O<sub>2</sub>/mg COD 及 0.021 mg O<sub>2</sub>/mg MLVSS-day，其中  $a'$  值較一般工業廢水 0.4 ~ 0.6 mg O<sub>2</sub>/mg COD 低<sup>(3)</sup>，主要可能是因為大社工業區綜合石化廢水含較多不易生物分解之有機物之故，致使汚泥增殖所需之耗氧量較一般工業廢水低。

#### 6.比氧利用率與有機負荷 (F/M) 之關係

本項試驗之操作條件為水力停留時間10~30小時，MLVSS 1,900 ~ 3,890 mg/l。將各種不同有機負荷下之比氧利用率整理如表5並繪成圖9。圖9顯示大社工業區綜合石化廢水活性汚泥處理系統之比氧利用率與有機負荷呈線性正比關係，亦即有機負荷愈高時其比氧利用率愈高。在有機負荷 0.21 ~ 1.06 kg COD / kg MLVSS-day 之控制範圍內，其比氧利用率值為介於 2.5 ~ 6.7 mg O<sub>2</sub>/g MLVSS-hr。

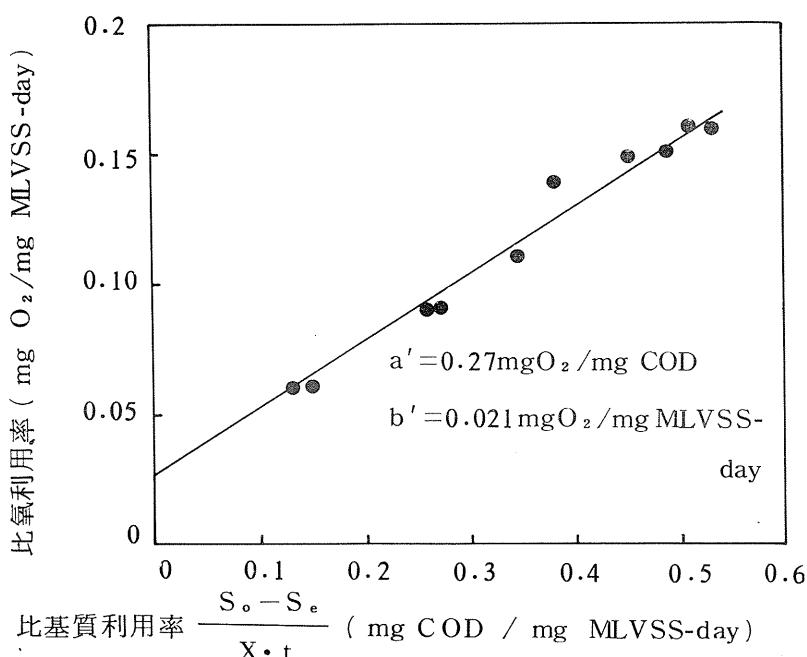


圖8 活性汚泥法處理大社工業區綜合石化廢水之比氧利用率與比基質利用率之關係

表5 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗在不同有機負荷下之比氧利用率值

水力停留時間 ( hrs )	污泥停留時間 ( days )	曝氣槽內混合液 之污泥濃度 ( $\frac{\text{mg MLVSS}}{\ell}$ )	有機負荷 F / M ( $\frac{\text{kg COD}}{\text{kg MLVSS-day}}$ )	攝氧率 OUR ( $\frac{\text{mg O}_2}{\ell - \text{hr}}$ )	比氧利用率 SOUR ( $\frac{\text{mg O}_2}{\text{g MLVSS-hr}}$ )
10	10	1,900	1.06	12.7	6.7
10	15	2,106	0.88	14.1	6.7
10	20	2,121	0.95	14.0	6.5
15	20	2,275	0.70	13.6	6.3
20	20	2,505	0.56	14.5	5.8
20	30	2,685	0.52	12.4	4.6
20	40	2,934	0.43	12.3	4.2
20	50	3,292	0.38	12.5	3.8
20	60	3,545	0.35	12.6	3.6
20	60	3,578	0.35	12.6	3.6
25	60	3,890	0.21	9.7	2.5
30	60	3,738	0.21	9.3	2.5

## 7. 污泥沈降性與有機負荷之關係

活性污泥處理系統通常以污泥容積指數 ( sludge volume index , 簡稱 SVI ) 表示污泥沈降效果，因此以下將探討活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水之 S

V I 與有機負荷之關係。

圖10顯示S V I 與有機負荷之關係。得知有機負荷( $F/M$ )為 $0.35 \sim 0.4$  kg COD/kg MLVSS-day 時，S V I 之值最小，同時 S V I 隨著有機負荷之增加而升高，當有機負荷( $F/M$ )在 $0.6$  kg COD / kg MLVSS-day以下，S V I 之值均未超過 100。

正常之活性汚泥沈降，其S V I 值應介於 $50 \sim 150$ 。若發生下列情況：有機負荷太高；p H 值偏高或偏低；突變負荷(shock loading)；溶氧或營養物之缺乏及毒性物質之存在，均會導致活性汚泥解體、鬆化(bulking)，使活性汚泥無法在沈澱槽內完全分離而降低有機物去除之效率。

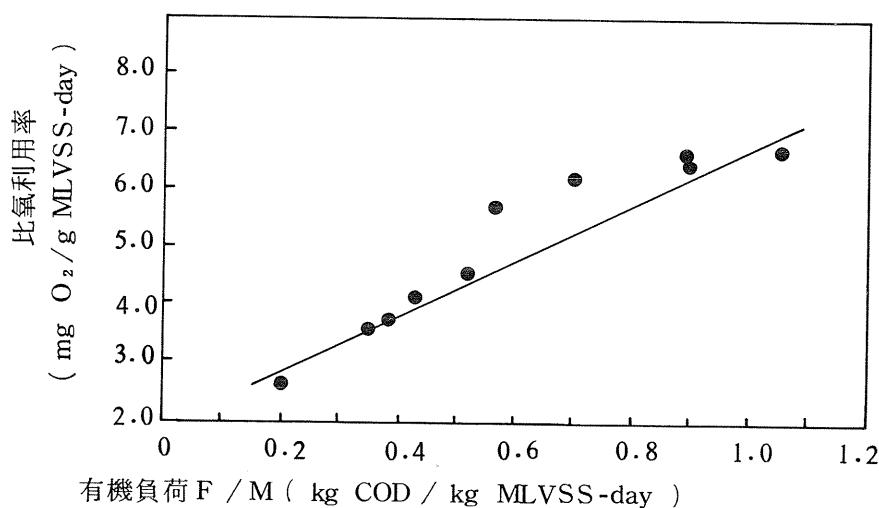


圖9 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之比氣利用率與有機負荷之關係

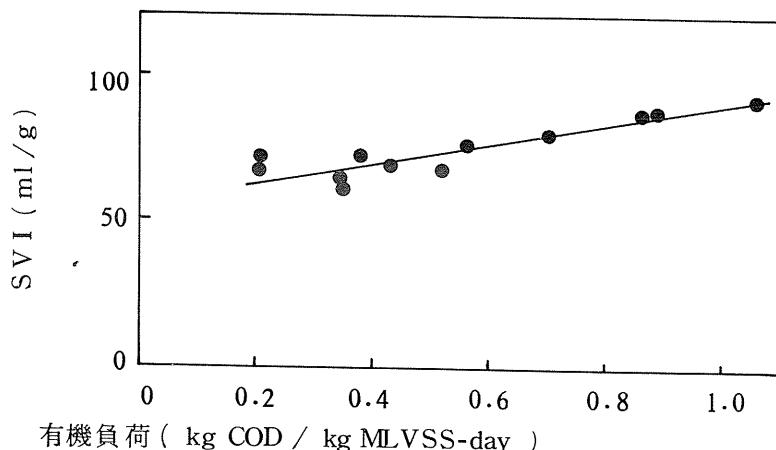


圖10 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水試驗之 S V I 與有機負荷之關係

本試驗結果，S V I 值在62～92之間，均有良好之沈降性，表示大社工業區綜合石化廢水在有機負荷為 $0.21 \sim 1.06 \text{ kg COD / kg MLVSS-day}$  ( $0.10 \sim 0.68 \text{ kg BOD}_5 / \text{kg MLVSS-day}$ )，其活性污泥均不致發生鬆化現象。

Kaliske<sup>(4)</sup> 曾歸納Mueller等之研究及美國各處理廠之實際操作數據，認為溶氧值超過 $2 \text{ mg/l}$ 時，活性污泥之沈降性即不受溶氧之影響。Palm<sup>(5)</sup> 更提出溶氧大於 $2 \text{ mg/l}$ 時，S V I 隨有機負荷而改變。本試驗溶氧均維持在 $2.0 \sim 4.0 \text{ mg/l}$ 之間，因此不必考慮溶氧所造成的影響，並由結果顯示S V I 隨著有機負荷遞增而有增加的趨勢，證實了活性污泥沈降性的確會受有機負荷所影響。

### (三) 氟化物濃度對活性污泥處理系統之影響

由於從大社工業區污水處理廠所載回廢水之氟化物濃度均在 $10 \text{ mg/l}$ 以下，故本項研究試驗乃利用微量泵控制適當流量，將氟化物之儲備溶液(stock solution)引入處理系統並與原大社工業區綜合石化廢水混合，使廢水中之氟化物濃度維持在 $10.4 \sim 62.5 \text{ mg/l}$ 範圍內，以進行氟化物濃度對活性污泥處理系統之影響試驗。其試驗結果詳如表6及圖11至圖13所示。

表6 氟化物濃度對活性污泥處理系統之影響試驗

試 程	處理系統	曝氣槽混合液之 污泥濃度 ( mg / l )		進流水濃度 ( mg / l )		放流水濃度		C O D 去除率 ( % )	攝 氧 率 ( $\frac{\text{mg O}_2}{\ell - \text{hr}}$ )	S V I ( $\frac{\text{m}^2}{\text{g}}$ )
		MLSS	MLVSS	CN <sub>e</sub> <sup>-</sup>	COD <sub>e</sub>	CN <sub>e</sub> <sup>-</sup>	COD <sub>e</sub>			
1	活性污泥	6,508	3,578	4.1	1,508	1.2	280	73	9.9	65
2	活性污泥	6,478	3,652	10.4	791	1.1	237	70	9.8	67
3	活性污泥	6,451	3,512	21.5	723	1.3	239	67	10.0	66
4	活性污泥	6,587	3,696	33.0	777	0.9	272	65	9.4	69
5	活性污泥	6,321	3,472	45.0	782	1.7	313	60	9.5	90
6	活性污泥	5,762	3,185	52.0	746	4.6	410	45	8.5	82
7	活性污泥	4,758	2,652	62.5	740	7.5	518	30	8.0	117

### 1. 氟化物濃度對 COD去除率之影響

圖11顯示當氟化物濃度在 $45\text{ mg/l}$ 以下時，其對活性污泥處理系統的COD去除效率之影響甚微，但當氟化物濃度提高至 $52\text{ mg/l}$ 時，活性污泥處理系統即受嚴重的影響，其COD之去除率已由73%降至45%，而當氟化物濃度再繼續提高至 $62.5\text{ mg/l}$ 時，COD之去除率甚至降至30%。

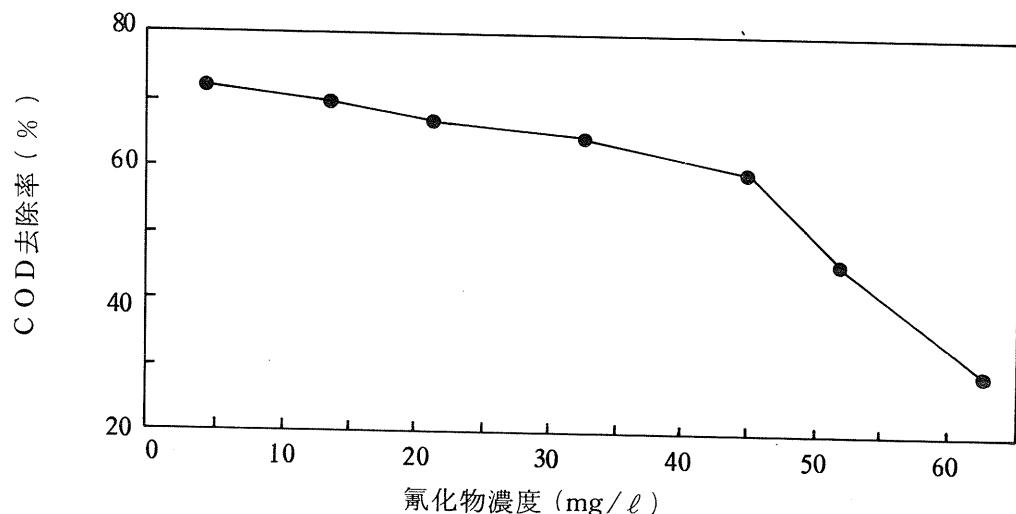


圖11 氟化物濃度對活性污泥處理系統中之COD去除率的影響  
(操作條件：水力停留時間20小時，MLVSS  $3,580\text{ mg/l}$ )

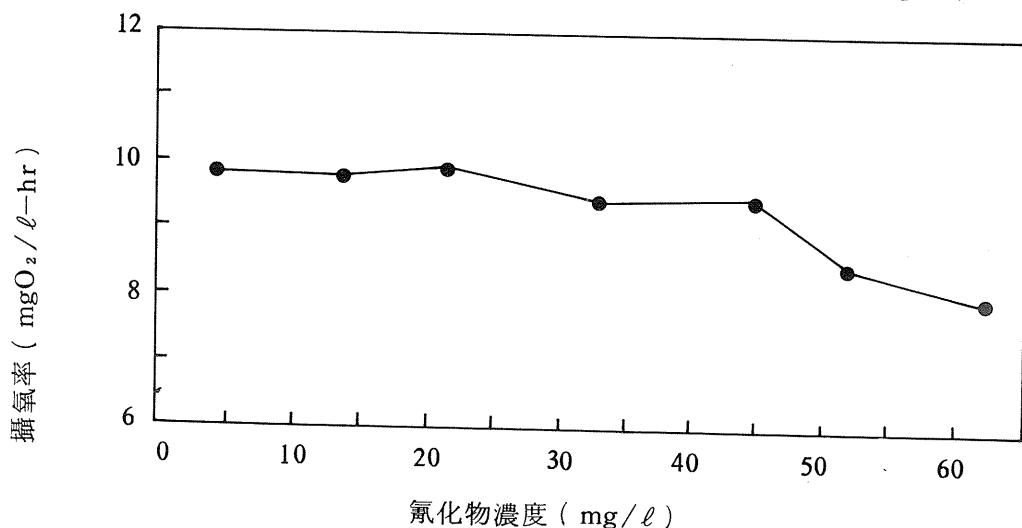


圖12 氟化物濃度對活性污泥處理系統中之生物攝氧率的影響  
(操作條件：水力停留時間20小時，MLVSS  $3,580\text{ mg/l}$ )

## 2. 氟化物濃度對生物攝氧率之影響

由於劇毒性氟化物對於生物呼吸系統酵素 ( cytochrome oxidase ) 具有危害作用，所以這類廢水若採用生物處理法時，必有一定的容忍範圍。由本試驗結果之圖12得知，當氟化物濃度在 $45\text{ mg/l}$ 時，活性污泥處理系統之攝氧率值變化極微。但當氟化物濃度增至 $52\text{ mg/l}$ 時，活性污泥處理系統之微生物已開始受氟化物之毒性抑制，其生物攝氧率自 $9.9\text{ mg O}_2/\ell\text{-hr}$ 降至 $8.5\text{ mg O}_2/\ell\text{-hr}$ 。Ludzak<sup>(6)</sup>亦證實當氟化物濃度超過 $60\text{ mg/l}$ 時，微生物就無法有效分解有機物，所以活性污泥法僅可處理氟化物濃度 $45\text{ mg/l}$ 以下之大社工業區綜合石化廢水。

## 3. 氟化物濃度對污泥沈降性之影響

圖13顯示，當氟化物濃度在 $52\text{ mg/l}$ 以下時，活性污泥處理系統之生物膠羽凝聚甚佳，此時，SVI值均維持在 $55\sim 80$ 之間。但當氟化物濃度提高至 $62.5\text{ mg/l}$ 時，活性污泥處理系統中因部份微生物解體，致使SVI值急劇上升。

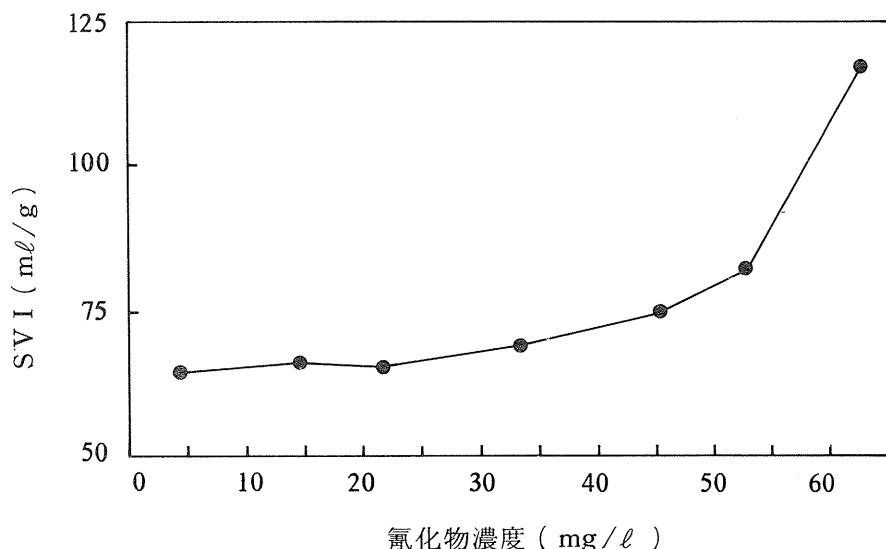


圖13 氟化物濃度對活性污泥處理系統中之污泥沈降性的影響

(操作條件：水力停留時間20小時，MLVSS  $3,580\text{ mg/l}$ )

## (四)活性污泥中微生物相之觀察

正常活性污泥中的微生物，通常包括細菌及原生動物二大類。顯微鏡觀測時，因細菌種類鑑定甚為困難，故本研究僅觀察活性污泥中之原生動物。據McKinney<sup>(7)</sup>之研究，正常聚集的生物膠羽，一般均伴隨而生相當數量的纖毛蟲類原生動物。此纖毛蟲是活性污泥系統中最主要的原生動物之一，以固體有機物（如細菌）為食物。因此，若有大量自由游動的細菌，則自由游動的纖毛蟲會隨之增加，但當細菌數量減少時，將使那些

需要掠取細菌以獲得高能量之自由游動纖毛蟲亦相對地減少，代之而起的則是需要較低能量之有柄杯狀的纖毛蟲。上述二種原生動物若突然消失，即顯示活性污泥系統中厭氣狀態發生或有毒性物質出現。若毒性物質出現，將會使自由游動的細菌數目減少，且常有發泡的放流水產生。

另據 Pipes<sup>(8)</sup> 表示，當絲狀菌的出現時，易引起污泥鬆化現象，使污泥大量流失，此一情形通常發生在氮、磷營養物之缺乏、pH 值太低或溶氧量不足之情況。

研究期間，發現以活性污泥系統處理大社工業區綜合石化廢水時，當水力停留時間為 10 小時，曝氣槽中自由游動之纖毛蟲數量較多，此時放流水 COD 及 MLSS 均很高。但當水力停留時間延長至 20 小時，並控制 MLVSS 3,578 mg/l 之最佳操作條件時，則自由游動之纖毛蟲數量已減少，且有柄杯狀之纖毛蟲出現，此時有機物之去除量亦顯著增加，且放流水質已有明顯改善之趨勢。同時觀察期間，曝氣槽中並無絲狀菌產生，此亦證明此時活性膠羽凝聚性佳且沈降性良好，故無污泥鬆化之困擾。

在氟化物濃度對活性污泥處理系統之影響試驗中，當氟化物增至 63 mg/l 時，發現曝氣槽中原生動物已不復存在，同時槽中亦有泡沫產生。

## 四、結論

- (一) 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水時，其多重基質去除動力模式的生物動力常數如下： $Y_T = 0.17 \text{ mg VSS/mg COD}$  、  $K_d = 0.019 \text{ day}^{-1}$  、  $K = 1.7 \text{ day}^{-1}$  。
- (二) 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水時，其供氧量的污泥增殖係數及內呼吸速率常數分別是  $0.27 \text{ mg O}_2/\text{mg COD}$  、  $0.021 \text{ mg O}_2/\text{mg MLVSS-day}$  ；而在操作條件為有機負荷 ( $F/M$ )  $0.21 \sim 1.06 \text{ kg COD/kg MLVSS-day}$  時，曝氣槽中所測得之生物攝氧率為  $9.3 \sim 14.5 \text{ mg O}_2/l\text{-hr}$  。
- (三) 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水時，其 SVI 值均在 55~100 範圍內，污泥膠羽生長良好且均無鬆化現象。另外，當活性污泥曝氣槽之水力停當時由 10 小時延長至 20 小時，活性污泥中之優勢原生動物則由自由游動之纖毛蟲轉變為有柄狀之纖毛蟲。
- (四) 活性污泥法可處理含氟化物低於  $45 \text{ mg/l}$  之大社工業區綜合石化廢水。
- (五) 活性污泥法處理大社工業區綜合石化廢水進流 COD  $1,100 \text{ mg/l}$  時，其最佳操作條件及有機物去除效果分別為：水力停留時間 20 小時，MLSS  $6,508 \text{ mg/l}$  ( MLVSS  $3,578 \text{ mg/l}$  )，容積負荷  $1.27 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$  (  $0.68 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^3\text{-day}$  )，有機負荷 ( $F/M$ )  $0.35 \text{ kg COD/kg MLVSS-day}$  (  $0.19 \text{ kg BOD}_5/\text{kg MLVSS-day}$  )；COD 去除率 73% 及  $BOD_5$  去除率 96%，可將廢水 COD 濃度降至  $280 \text{ mg/l}$  。

## 誌 謝

本研究承蒙經濟部工業局之計畫經費補助，且研究期間蒙大社工業區污水處理廠有關人員配合協助，始得以順利完成，謹此致謝。

## 參考文獻

1. 林光華、趙守典，“以活性污泥法處理丙烯腈工廠廢水之研究”，第四屆廢水處理技術研討會論文集，pp. 55～70，( 1979 )。
2. Yang, P.Y. and Chen, Y.K., “Operational Characteristics and Bioloobical Kinetic Constants of Extended Aeration Process,” J.W.P.C.F. Vol. 49, p. 682, ( 1977 ).
3. 徐錦基，“活性污泥法處理含油廢水之基礎研究”，第八屆廢水技術研討會論文集，pp. 157～166 ( 1983 ).
4. Kaliske, A.A., “Comparison of Air and Oxygen Activated Sludge System,” J.W.P.C.F., Vol. 48, p.1723, ( 1976 ).
5. Plam, J.C., Jenkins, D. and Parker, D.S., “Relationship between Organic Loading, Dissolved Oxygen Conc. and Sludge Settleability in the Completely-mixed Activated Sludge Process,” J.W.P.C.F. Vol. 52, p.10, ( 1980 ).
6. Ludzack, F.J., et al., “Activated Sludge Treatment of Cyanide, Cynate and Thiocyanato,” Proc.of 15th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., pp. 439-460, ( 1960 ).
7. McKinney, R.E., “Microbiology for Sanitary Engineering ”, ( 1962 ).
8. Pipes, W.O., “The Ecological Approach of the Study of Activated Sludge ”, Advance of Appl. Micro., Vol.8, pp. 77-103 , ( 1976 ).