

## 廢水中 2,4-二氯酚對活性污泥之影響

曾四恭<sup>1</sup> 習良孝<sup>2</sup>

**關鍵詞：**活性污泥、2,4-二氯酚。

### 摘 要

本研究之主要目的是在探討廢水中 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之影響，以了解其對活性污泥之抑制作用。實驗顯示，2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性隨其濃度之增加而增加，但經以 2,4-dichlorophenol 長期馴養過之污泥能大幅提高其對 2,4-dichlorophenol 之忍受力。在迴分式操作時，2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性作用，受 MLSS 之影響頗為顯著。MLSS 愈高其單位重量污泥吸附 2,4-dichlorophenol 之重量愈少，2,4-dichlorophenol 對污泥之毒性亦相對減低。F/M 比值亦會影響 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性作用。F/M 愈高，亦即廢水中之 TOC (COD) 濃度愈高，在有機物與 2,4-dichlorophenol 之競爭吸附下，污泥吸附 2,4-dichlorophenol 之量減少，因此其對活性污泥之毒性亦降低，唯其影響則不若 MLSS 之影響顯著。2,4-dichlorophenol 對活性污泥法 TOC 去除效率之影響，隨其濃度之增加而降低 TOC 去除效率。在迴分式及連續式操作中均呈現此一趨勢，惟在迴分式操作時其影響遠較連續式者為顯著，顯示經馴養後污泥對 2,4-dichlorophenol 毒性之忍受力大為提高。

## THE EFFECT OF 2,4-DICHLOROPHENOL IN THE WASTEWATER ON ACTIVATED SLUDGE

Szu-Kung Tseng and Liang-Hsiao Hsi

*Graduate Institute of Environmental Engineering  
National Taiwan University  
Taipei, Taiwan 107, R.O.C.*

**Key Words:** activated sludge, 2,4-dichlorophenol.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to discuss the effect of 2,4-dichlorophenol contained in the wastewater on the activated sludge to understand how the former inhibits the latter. The study shows that the higher the concentration of 2,4-dichlorophenol is, the more toxic the 2,4-dichlorophenol is to the activated sludge. But the sludge accumulated by 2,4-dichlorophenol for a long time has much higher tolerance against 2,4-dichlorophenol. In the batch process the toxicity of 2,4-dichlorophenol to activated sludge is apparently affected by MLSS. The greater MLSS is, the less 2,4-dichlorophenol is absorbed by the activated sludge. Consequently, the 2,4-dichlorophenol is less toxic to the activated sludge. F/M can act upon the toxicity of 2,4-dichlorophenol to activated sludge. The high F/M means the

<sup>1</sup> 國立臺灣大學環境工程學研究所教授

<sup>2</sup> 國立臺灣大學環境工程學研究所碩士，現任中興工程顧問社工程師

wastewater contains more TOC (COD). The organic substances will compete with the activated sludge to absorb 2,4-dichlorophenol. As a result, less 2,4-dichlorophenol absorbed by activated sludge which means less toxic to the activated sludge. But the action of F/M is not as strong as that of MLSS. The increasing concentration of 2,4-dichlorophenol will reduce the TOC elimination of activated sludge. The phenomenon appears in both the batch process and continuous process. But the effect on batch process is more conspicuous than that on continuous process, which shows after accumulating, the activated sludge has a much higher tolerance against the toxicity of 2,4-dichlorophenol.

## 一、前言

我國對於工業廢水之管制，至今仍停留於以傳統性污染物，如 pH、SS、BOD、COD……等為主要管制項目，而忽略了某些毒性物質對環境造成之影響。反觀美國，在 1972 年國會通過了「水污染控制法」(Water Pollution Control Act)，其目的在維持水體的生物、化學、物理性質之原來狀態。為了達成此一目標，該法案要求美國之工業界在 1977 年 7 月 1 日以前，以「現行最實用控制技術」(Best Practical Control Technology Currently Available, BPCTCA) 來處理工業廢水。到了 1977 年美國國會又制定了「清潔水法案」(Clean Water Act)，開始對 129 種優先管制之污染物 (priority pollutants) 進行管制，這 129 種優先管制之污染物，皆屬毒性污染物 (toxic pollutants)，其中酚類化合物有 11 種，而 2,4-dichlorophenol 亦列名其中 [1]。

臺灣地區各種工業類別中，農藥製造業 (特別是製造 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, 2,4-D 之工廠)、石化業、煉油業、部份以 2,4-dichlorophenol 為有機合成之化工業、以及製漿業 (化學法製漿 chemical process) 等之製程廢水中，均可能含有 2,4-dichlorophenol，而在臺灣地區此類類別中現有之廢水處理設備則多以活性污泥法為主。

本研究之主要目的即在探討廢水中 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之影響，以了解其對活性污泥之抑制作用。

## 二、文獻回顧

2,4-dichlorophenol 之中文學名為 2,4-二氯酚，係由酚加以氯化而得，基本上是酚的苯環上 2 與 4 位置之氫基被氯所取代而成。

2,4-dichlorophenol 為白色，低熔點固體；沸點為 210°C；熔點為 45°C；閃點為 113°C，可燃。溶於酒精和四氯化碳 (CCl<sub>4</sub>) 並且微溶於水。對組織有強烈刺激性，食入具中度毒性。其主要用途為化學工業上作為有機合成之用，並為製造殺草劑「二氯苯氧基乙酸」(2,4-dichlorophenoxyacetic acid, 2,4-D) 之主要原料 [2]。

依據 Kleka 及 Landi 等人 [3] 以 Respiration inhibition test 方法測定多種無機及有機毒性化學物質對活性污泥之 IC<sub>50</sub> 值，phenol、*p*-chlorophenol、2,4-dichlorophenol、3,5-dichlorophenol、Pentachlorophenol 等之 IC<sub>50</sub> 值分別為 800、178、49.5、12.5 及 2.5 mg/l，顯示氯酚類對活性污泥之毒性隨氯之數目增加而增加，若以 3 hr-IC<sub>50</sub> 值來表示其毒性，則 3,5-dichlorophenol 對活性污泥之毒性為 phenol 之 64 倍，2,4-dichlorophenol 之毒性則為 phenol 之 16 倍。

2,4-Dichlorophenol 對組織之毒性方面，Exon 及 Koller 等人 [4] 在 1984 年以老鼠為實驗之研究指出，2,4-dichlorophenol 會引起老鼠免疫系統 (immune system) 疾病，同時對其胚胎亦具有毒性 (embryotoxic)。

## 三、實驗設備、材料與方法

### 1. 實驗設備

- (a) GILSON 呼吸儀乙座 (Gilson differential respirometer)，測定活性污泥之攝氧率 (Oxygen Uptake Rate, OUR)。
- (b) PERKIN ELMER SIGMA 3B 氣相層析儀用以測定廢水中 2,4-dichlorophenol 之濃度。
- (c) Jar-Test 試驗儀乙座測定活性污泥及活性碳對 2,4-dichlorophenol 之吸附速率及等溫吸附。
- (d) 污泥培養槽二個 20 公升附蓋之塑膠桶，每日更換營養液二次，更換時停止曝氣，俟污泥沈澱後，抽除上層液，加上新的營養液。
- (e) 迴分式操作反應槽 5 個，3.5 公升之量筒 5 個及小型曝氣機五台。本研究採用 BACTO-PEPTONE 為污泥培養之有機質，因 BACTO-PEPTONE，本身發泡性甚高，為避免曝氣時產生泡沫，造成污泥淘空之現象，本實驗另以交錯之三層細網篩置於反應槽之上層，除抑制污泥被泡沫帶上外，並破壞產生之泡沫。
- (f) 連續式反應槽 (詳如圖 1)，本實驗所採用之連續式反應槽，分為曝氣槽及沈澱池二部份，曝氣槽體積 5.5 公升，沈澱槽 3.5 公升，污泥於沈

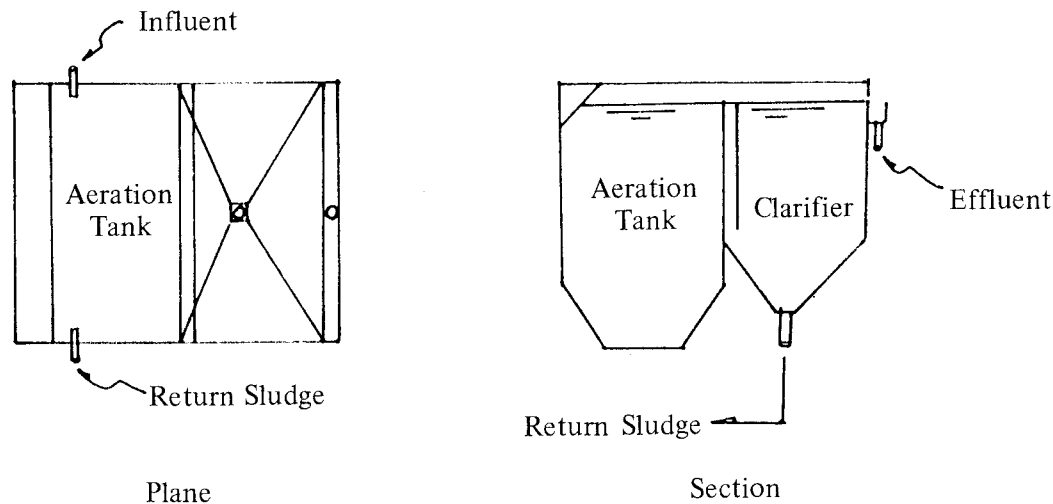


圖 1 連續式反應槽示意圖。

澱池沈澱後，以定量抽水機將污泥送返曝氣槽，廢棄污泥則由曝氣槽排除。本實驗連續式操作反應槽共四槽，並使用小型曝氣機四台。

- (g) COD 測定設備，詳見 Standard Method for Water and Wastewater Examination [5]。

其他實驗設備尚包括：溶氧測定儀乙部 (SUNTEX SD-70 METER)、pH Meter 乙部、TOC 測定儀乙部 (O.I. Corporation, Model 700 TOC Analyzer)。

## 2. 研究方法

本研究之主要方法說明如下：

- (a) 以活性污泥之攝氧率 (oxygen uptake rate) 為指標，(以 Respiration inhibition test 測定之) 探討 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性。
- (b) 以迴分式操作，來探討：
  - ① 不同濃度之 2,4-dichlorophenol，在不同濃度之 MLSS 情況下，對 TOC 去除之影響。
  - ② 不同濃度 2,4-dichlorophenol，在不同 F/M 比值之情況下，對 TOC 去除之影響。
  - ③ 以連續式活性污泥法來探討 2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響。

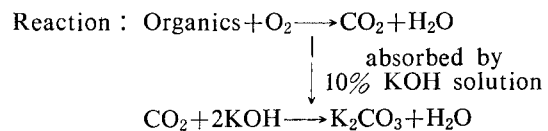
## 3. 水質分析項目及方法

本研究之水質分析項目主要為污泥之攝氧率、2,4-dichlorophenol、phenol、TOC、COD、SS、DO、pH 等，茲將分析方法分述如下：

- (1) 污泥攝氧率測定方法 [6, 7]

GILSON 呼吸儀測定污泥攝氧率，其主要測定原理係置於反應瓶上端鼻狀小容器中之 2,4-dichlorophenol

及有機物，在反應開始時傾入反應瓶內，有機物在有氧之情況下被污泥分解產生  $\text{CO}_2$ ，而產生之  $\text{CO}_2$  再被置於反應瓶下井狀容器內之 10% KOH 溶液所吸收，則整個密閉系統中，氣體體積之減少量即為污泥消耗之氧量。氣體體積之減少則由精密之體積變化測定設備測得，如此可以測得在不同之 2,4-dichlorophenol 濃度下，污泥之攝氧率被抑制的情形。反應瓶中之反應情況，可以下式表示：



### (2) 2,4-dichlorophenol 測定方法

本研究關於 2,4-dichlorophenol 之分析方法主要係採用參考文獻 [8] 之方法，加以修改以符合本研究之情況，茲將修改後之方法略述如下：

- (a) 取水樣 10 ml 置於試管中 (須具有以鐵佛龍襯裏之旋蓋)。
- (b) 加入 1 M NaOH 1 ml。
- (c) 加入 Hexane 2 ml，搖動 2 分鐘後以離心機離心之，並去除上層 Hexane 層。
- (d) 步驟 (c) 重覆三次，以徹底去除水樣中之 BACTO-PEPTONE。
- (e) 取經前述程序處理之水樣 5 ml，置入 10 ml 試管中。
- (f) 加入 1 M  $\text{NaHCO}_3$  1 ml、hexane 1 ml 及  $10 \mu\text{l}$  溶於甲苯之 Penta-fluorobenzoyl chloride，搖動 5 分鐘後離心之，去除下層水層。
- (g) 加入 1 M NaOH 5 ml，搖動 1 分鐘後以離心機離心之。

(h) 取 hexane 層  $1 \mu\text{l}$  注入氣相層析儀，以 FID 測定之，其操作條件為：Injection temperature  $200^\circ\text{C}$ 、detector temperature  $300^\circ\text{C}$ 、carrier flow  $20 \text{ ml/min}$ 、air flow  $30 \text{ ml/min}$  及  $\text{H}_2$  flow  $20 \text{ ml/min}$ 。

(3) 其他水質分析項目與方法

其他主要水質分析項目尚有 TOC、COD、SS、pH、DO 等，其分析方法均依照美國 Standard Method for Water and Wastewater Examination。

四、實驗結果與討論

1. 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性

在不同 2,4-dichlorophenol 濃度之情況下，以 Gilson 呼吸儀測定活性污泥之攝氧率，其結果如圖 2 至圖 3 所示。圖 2 之污泥為未經 2,4-dichlorophenol 事先培養過之污泥，其 MLSS 為  $5,150$  及  $2,610 \text{ mg/l}$ ，由實驗顯示，活性污泥之攝氧率大致隨 2,4-dichlorophenol 濃度之升高而降低。圖 3 其污泥係使用經  $20 \text{ mg/l}$

之 2,4-dichlorophenol 培養過之污泥其對活性污泥之毒性亦隨其濃度之增加而增加。同時由圖 2 及圖 3 均可看出不論污泥是否先經 2,4-dichlorophenol 培養，MLSS 濃度高者，在同一 2,4-dichlorophenol 濃度下，其攝氧率均較 MLSS 低者為高，此顯示出 MLSS 濃度高之污泥對 2,4-dichlorophenol 之毒性忍受力較高。

圖 4 及圖 5 之縱軸為在某一濃度 2,4-dichlorophenol 情況下，污泥之攝氧率與空白污泥（即 2,4-dichlorophenol 濃度為零者）攝氧率之百分比值，由圖 4 可知，當 2,4-dichlorophenol 之濃度為  $80 \text{ mg/l}$  時污泥濃度為  $5,150 \text{ mg/l}$  者，其攝氧率降為空白組之  $42.4\%$ ，而經  $20 \text{ mg/l}$  之 2,4-dichlorophenol 預先培養，MLSS 濃度為  $4,930 \text{ mg/l}$  之污泥，其攝氧率則僅降為空白組之  $89.0\%$ ，由圖 5 亦可發現在污泥濃度較低時（MLSS 分別為  $2,610$  及  $2,430 \text{ mg/l}$ ）在同一情況下，其攝氧率分別降為空白組之  $33.8$  及  $82\%$ ，顯示經馴養過之污泥其攝氧率較未經馴養之污泥提高甚多。

由以上討論可見，活性污泥經 2,4-dichlorophenol 預先培養後能大幅提高其對 2,4-dichlorophenol 毒性之忍受力。

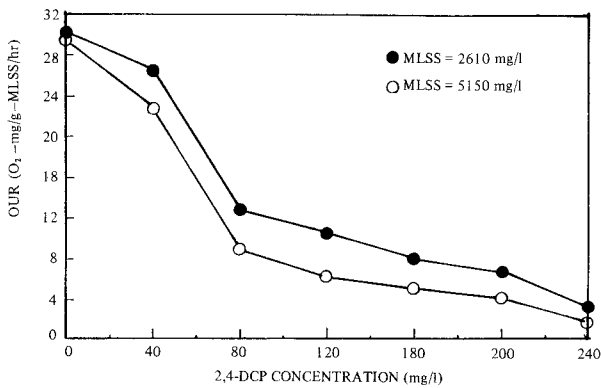


圖 2 污泥攝氧率與 2,4-dichlorophenol 濃度之關係——污泥未經馴養。

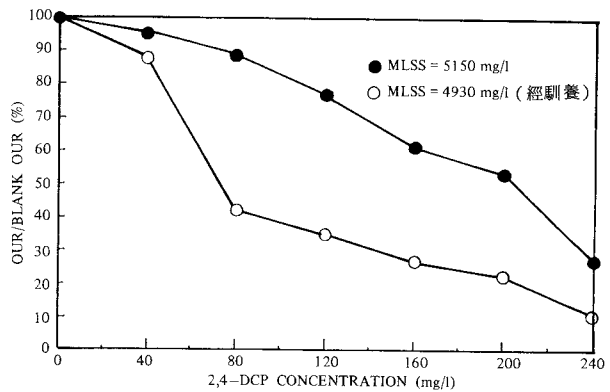


圖 4 未經馴養及經馴養污泥攝氧率與空白組攝氧率之百分比值 (MLSS 濃度高者)。

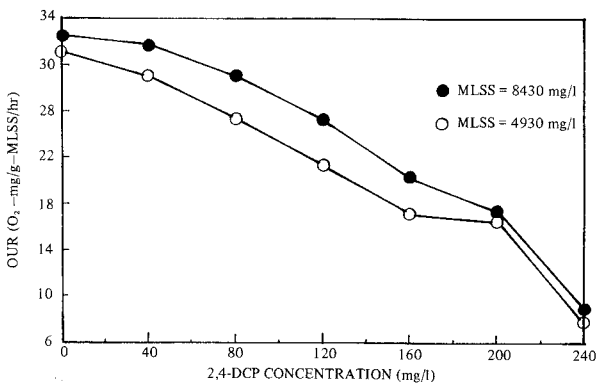


圖 3 污泥攝氧率與 2,4-dichlorophenol 濃度之關係——污泥經過馴養。

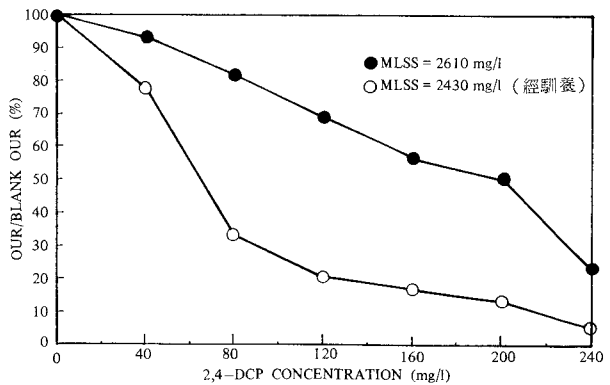


圖 5 未經馴養與經馴養污泥攝氧率與空白組攝氧率之百分比值 (MLSS 濃度低者)。

2. 2,4-dichlorophenol 對迴分式活性污泥法 TOC 去除之影響

(1) 不同 MLSS 情況下，對 TOC 去除之影響

為探討不同 MLSS 濃度 (F/M 值固定) 在不同 2,4-dichlorophenol 濃度之情況下，活性污泥對 TOC 去除之影響，本研究以三種不同 MLSS 操作條件，其實驗所得結果見圖 6、圖 7 及圖 8，由圖可以發現在迴分式操作反應槽中，不論其 MLSS 濃度之高低，TOC 之去除量均隨 2,4-dichlorophenol 濃度之增高而降低。此乃因為 2,4-dichlorophenol 之濃度愈高，對活性污泥之毒性亦愈高所致。以 MLSS=3,500 mg/l，F/M=0.35 之操作條件為例，當廢水中無 dichlorophenol 存在時，其曝氣時間 6 小時之 TOC 去除率為 85.4%，2,4-dichlorophenol 濃度為 40 mg/l 時則降為 68.4%。當 2,4-dichlorophenol 之濃度上升至 160 mg/l。TOC 去除率則降低至 18.5%。當 MLSS 升高至 4,500 及 5,500 mg/l 時，其 TOC 之去除率，亦隨 2,4-dichlorophenol 濃度之升高而呈下降之趨勢。由圖 6 至圖 8，

TOC 去除率與時間之關係可以看出人工合成廢水經與活性污泥曝氣一段時間後，2,4-dichlorophenol 對活性污泥之抑制作用，有減少之現象，由此可以推論活性污泥經馴養後，應可增加活性污泥對 2,4-dichlorophenol 毒性之忍受力。

在迴分式反應槽中，不同 MLSS 在不同 2,4-dichlorophenol 濃度下，TOC 去除率與對照組 (即不添加 2,4-dichlorophenol) 之 TOC 去除率關係，如圖 9 所示，其縱軸為在某一 2,4-dichlorophenol 濃度下之 TOC 去除率與對照組 TOC 去除率之百分比值 (TOC 去除率係取曝氣時間為 6 小時之值)，橫軸為活性污泥之 MLSS 濃度。由圖 9 可以看出，在 2,4-dichlorophenol 濃度為 40 mg/l 時，TOC 去除率與對照組 TOC 去除率之比值，由 MLSS 濃度為 5,500 mg/l 之 90.61% 降至 MLSS 濃度為 3,500 mg/l 之 79.61%，亦即在同一 2,4-dichlorophenol 濃度之情況下，活性污泥受其毒性之抑制，隨污泥濃度之增而減少，如表一所示。推論其原因可能是因為 MLSS 濃度愈高，2,4-dichlorophenol 被吸附之總量雖亦會增加，但每單位污泥重量所吸附之 2,4-dichlorophenol 量卻反而減少，詳見表一。當

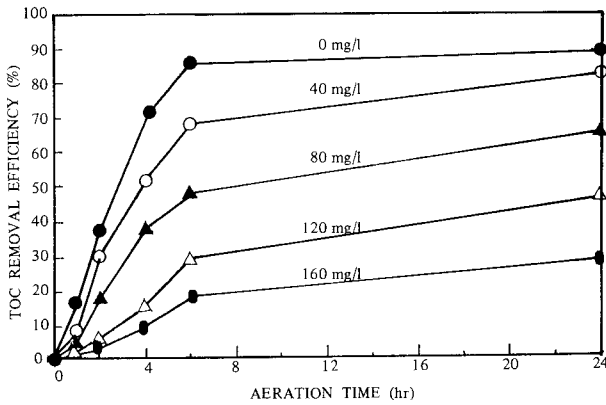


圖 6 不同 MLSS 情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，MLSS=3,500 mg/l。

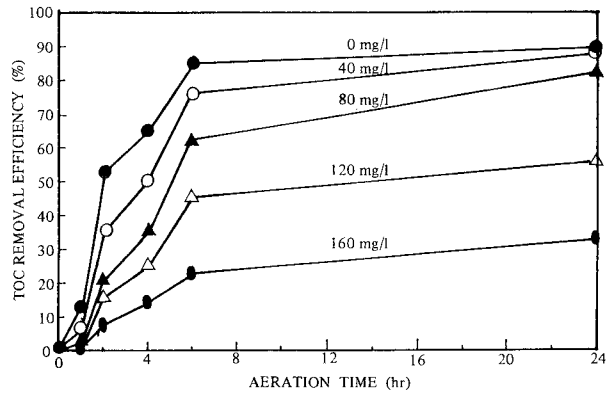


圖 8 不同 MLSS 情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，MLSS=5,500 mg/l。

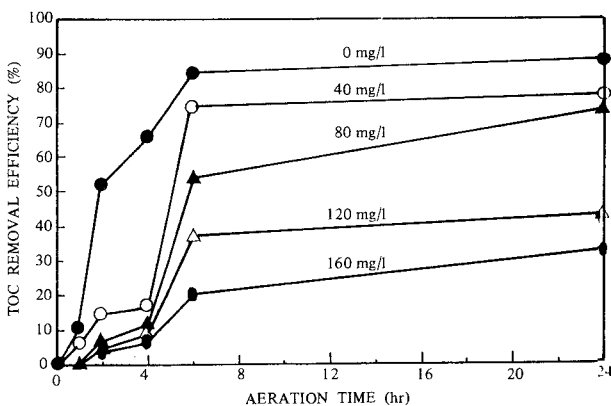


圖 7 不同 MLSS 情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，MLSS=4,500 mg/l。

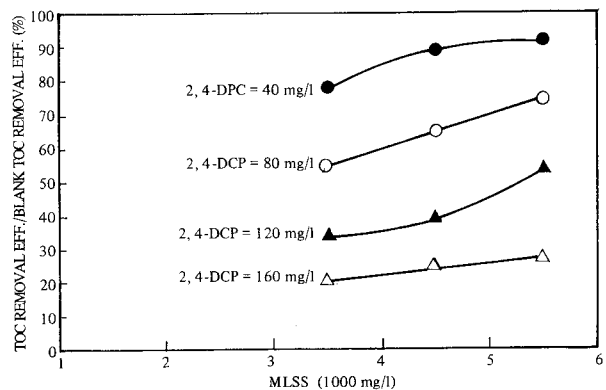


圖 9 不同 2,4-dichlorophenol 濃度下，不同 MLSS TOC 去除率與對照組 TOC 去除率之百分比值。

表一 活性污泥對 2,4-dichlorophenol 之等溫吸附  
計算表

污泥濃度 M (mg/l)	平衡濃度 $C_e$ (mg/l)	吸 附 量 X (mg/l)	X/M (mg/mg)
0	40.0		
750	36.4	3.6	0.00475
1,520	33.8	6.8	0.00448
2,430	29.5	10.5	0.00431
3,460	25.7	14.3	0.00413
4,490	22.3	17.7	0.00394

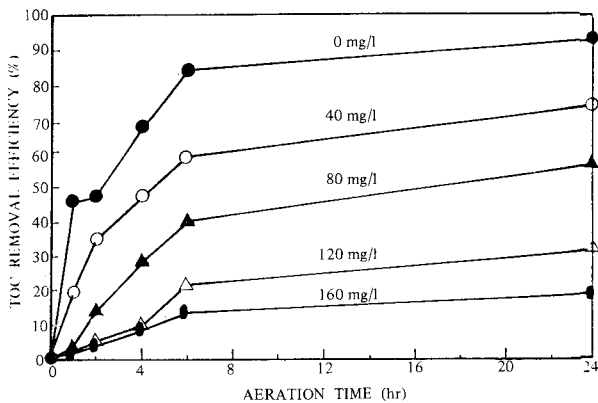


圖10 不同 F/M 值情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，F/M=0.2。

MLSS 為 2,430 mg/l 時，每 mg 污泥之吸附量為 0.00431 mg，MLSS 為 4,490 mg/l 時，每 mg 污泥之吸附量則為 0.00394 mg，故 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性隨 MLSS 濃度之升高而降低。在 2,4-dichlorophenol 濃度為 80,120,160 mg/l 之情況下，均呈現此趨勢，唯在 160 mg/l 時其趨勢較不明顯，當 MLSS 為 3,500 mg/l 時，其 TOC 去除率為對照組之 18.5%，MLSS 為 5,500 mg/l 時其 TOC 去除率則上升為對照組之 27.01%。

## (2) 不同 F/M 值情況下對 TOC 去除之影響

不同 F/M 值 (MLSS 固定) 在不同 2,4-dichlorophenol 濃度情況下，迴分式反應槽 TOC 之變化情形如圖 10、圖 11 及圖 12 所示。由圖顯示在不同之 F/M 值情況下，TOC 去除率均隨 2,4-dichlorophenol 濃度之增加而呈減少之勢。在 F/M 值為 0.2，MLSS 為 2,500 mg/l 之操作條件下，空白組 (無 2,4-dichlorophenol) 曝氣時間 6 小時之 TOC 去除率為 83.8%，在 2,4-dichlorophenol 為 40 mg/l 時則降為 58.6%，當 2,4-dichlorophenol 之濃度升高至 160 mg/l 時，則更

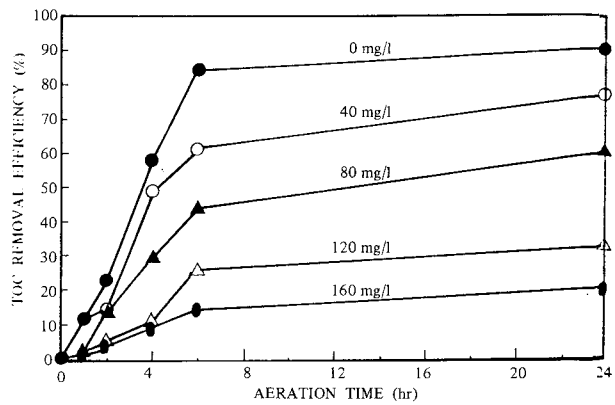


圖11 不同 F/M 值情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，F/M=0.6。

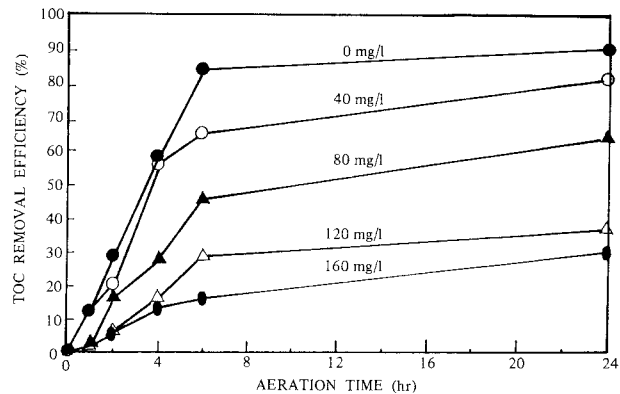


圖12 不同 F/M 值情況下，2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響，F/M=1.0。

降為 18.7%。同樣在 F/M 值為 0.6 及 1.0 之操作條件下，亦呈現相同之趨勢。

圖 13 顯示在同一 2,4-dichlorophenol 濃度下，不同 F/M 值對 TOC 去除率之影響。縱軸為在某一 2,4-dichlorophenol 濃度下，曝氣時間 6 小時之 TOC 去除率與對照組 TOC 去除率之比值。在 2,4-dichlorophenol 之濃度為 40 mg/l 之情況下，F/M 值為 1.0 時，TOC 去除率為對照組之 78.3%，F/M 值為 0.2 時則其 TOC 去除率降為對照組之 70.0%。其意義則顯示 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之抑制隨 F/M 值之增加而減少。在 2,4-Dichlorophenol 濃度為 80,120,160 mg/l 之情況下亦呈現此一趨勢。究其原因則可能因 F/M 值較高時，其 COD 濃度亦高，活性污泥會對有機物及 2,4-dichlorophenol 產生競爭性吸附，造成污泥對 2,4-dichlorophenol 之吸附量減少而降低其抑制力。惟比較圖 9 及圖 13，則顯示 F/M 值在某一 2,4-dichlorophenol 濃度下，對 TOC 去除率之影響不若 MLSS 之影響來得顯著。

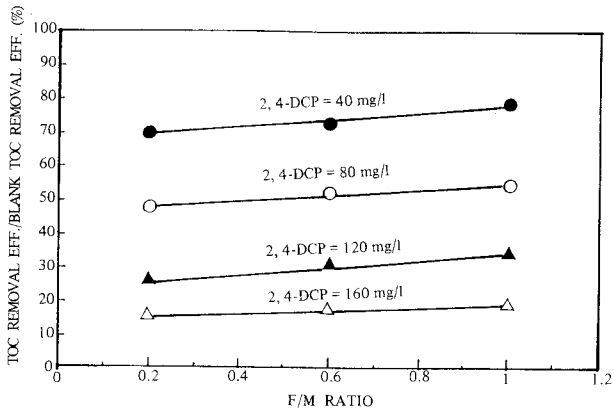


圖13 在不同 2,4-dichlorophenol 濃度下，不同 F/M 值 TOC 去除率與對照組 TOC 去除率之百分比值。

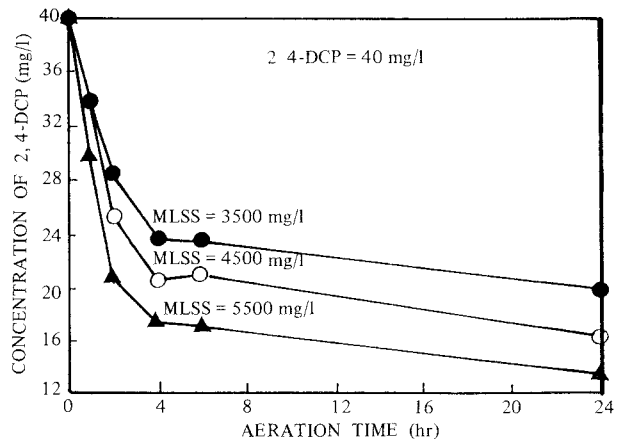


圖15 MLSS 對 2,4-dichlorophenol 去除之影響 (2,4-dichlorophenol 濃度低者)。

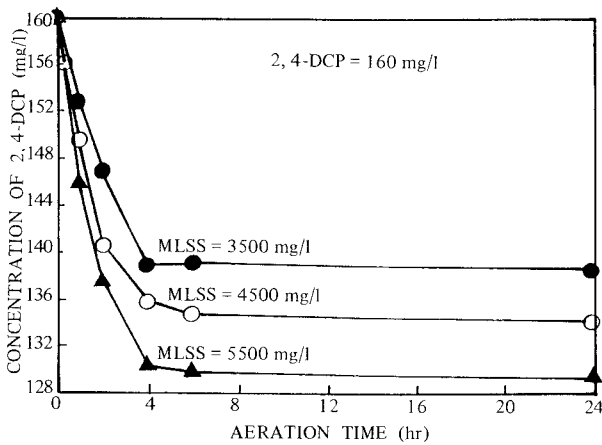


圖14 MLSS 對 2,4-dichlorophenol 去除之影響 (2,4-dichlorophenol 濃度高者)。

(3) MLSS 對 2,4-dichlorophenol 去除之影響

在迴分式活性污泥反應槽中，不同 MLSS 濃度對 2,4-dichlorophenol 去除效率之影響，其實驗結果如圖 14 及圖 15 所示，圖 14 為 2,4-dichlorophenol 濃度較高者 (160 mg/l) 而圖 15 為濃度較低者 (40 mg/l)。二圖均顯示 MLSS 濃度較高者其 2,4-dichlorophenol 之去除率亦愈高，在 2,4-dichlorophenol 起始濃度為 160 mg/l，MLSS 為 3,500 mg/l 其曝氣時間 6 小時之 2,4-Dichlorophenol 去除率為 13.1%，MLSS 為 4,500 mg/l 者，其去除率為 15.9%，MLSS 為 5,500 mg/l 者，其去除率則上升至 19.8%。2,4-dichlorophenol 起始濃度為 40 mg/l 時亦呈現類似趨勢。

3. 2,4-dichlorophenol 對連續式活性污泥法 TOC 去除之影響

(1) 傳統式活性污泥法污泥齡 (Sludge retention time) 對 TOC 去除之影響

本研究將連續式反應槽之水力停留時間定為 6 小時，

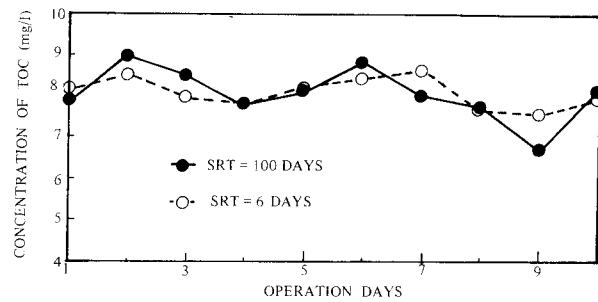


圖16 傳統式活性污泥法污泥齡對 TOC 去除之影響。

以與一般傳統式之活性污泥系統相符合，但變更其污泥齡 (SRT) 以了解其對 TOC 去除之影響。其實驗結果如圖 16，由圖可以發現在 2,4-dichlorophenol 濃度為 40 mg/l 之情況下，SRT 為 5 天及 10 天之 TOC 去除率並無明顯差別，前者 TOC 去除率為 91.8%，後者為 91.9%，顯示 SRT 對 TOC 去除率之影響極微。

(2) 2,4-dichlorophenol 濃度對連續式活性污泥 TOC 去除之影響

在連續式操作中，2,4-dichlorophenol 進流濃度對 TOC 去除之影響，其實驗結果如圖 17 所示。由圖顯示 2,4-dichlorophenol 對 TOC 去除之影響不甚明顯。唯若將各不同 2,4-dichlorophenol 濃度下，取連續 10 天出水之 TOC 平均濃度，其 TOC 平均去除率與 2,4-dichlorophenol 進流濃度之關係如圖 18，由圖可以看出，TOC 平均去除率仍隨 2,4-dichlorophenol 之進流濃度由 20 mg/l 增加至 100 mg/l 時，其 TOC 平均去除率僅由 92.8% 降至 87.9%。此一結果顯示，活性污泥經 2,4-dichlorophenol 長期馴養後，其對污泥之毒性已相當低，而其出水之 2,4-dichlorophenol 濃度則明顯隨其進流濃度之增加而增加。

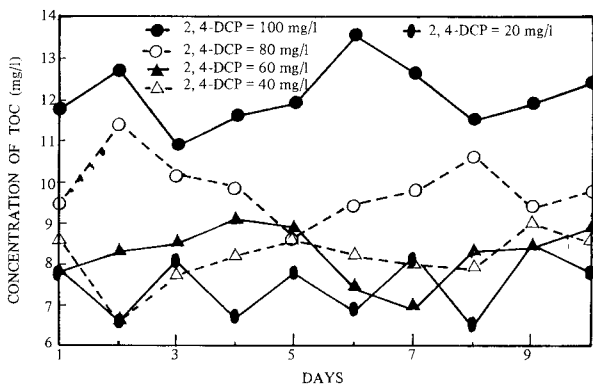


圖17 2,4-dichlorophenol 對連續式活性污泥法 TOC 去除之影響。

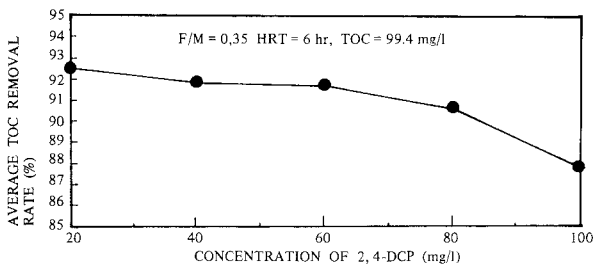


圖18 連續式活性污泥法進水 2,4-dichlorophenol 濃度與 TOC 平均去除率之關係。

## 五、結 論

本研究之主要目的，在探討廢水中 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之影響，經初步研究獲致下列結論：

- (1) 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性，若以污泥之攝氧率 (OUR) 來表示時，其毒性隨 2,4-dichlorophenol 之濃度增加而增加，且預先經 2,4-dichlorophenol 培養之污泥，能大幅提高其對 2,4-dichlorophenol 毒性之忍耐力。
- (2) 2,4-dichlorophenol 對活性污泥法 TOC 去除效率之影響，隨其濃度之增加而降低 TOC 去除效率。在迴分式及連續式操作中均呈現此一趨勢，惟在迴分式操作時其影響遠較連續式者為顯著，顯示經馴養後污泥對 2,4-dichlorophenol 毒性之忍耐力大為提高，此與污泥之攝氧率實驗所獲致之結論頗為一致。

- (3) 在迴分式操作時，2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性受 MLSS 之影響頗為顯著。MLSS 愈高其單位重量污泥吸附 2,4-dichlorophenol 之重量愈少，其對污泥之毒性亦相對減低。
- (4) F/M 比值亦會影響 2,4-dichlorophenol 對活性污泥之毒性作用。F/M 愈高，亦即廢水中之 TOC (COD) 濃度愈高，在有機物與 2,4-dichlorophenol 之競爭吸附下，污泥吸附 2,4-dichlorophenol 之量減少，因此其對活性污泥之毒性亦降低，唯其影響則不若 MLSS 之影響顯著。

## 參考文獻

1. "Clean Water ACT", USEPA (1977).
2. 柯清水，「中華化學工大辭典」，黎明圖書公司 (1984)。
3. Klecka, G.M. and L.P. Landi, "Evaluation of the DECD Activated Sludge, Respiration Inhibition Test", *Chmosphere*, Vol. 14, No. 9, pp. 1239~1251 (1985).
4. Exon, J.H. and L.D. Koller, "Water Chlorination: Chem. Environ. Impact Health Eff. Proc. Conf. 5th", 1984 (PUB, 1985).
5. APHA, AWWA and WPCF, "Standard Methods for the Exammination of Water and Wastewater", 16th Ed. (1985).
6. Single Valve Differential Respirometer Operator's Gudide, Gilson International.
7. Umbreit, W.W., R.H. Burris, and J.F. Stanffer, "Manometric Biochemical Techniques", 5th Ed. Burgess, Minneapolis (1972).
8. Lars Renberg, "Gas Chromatographic Determination of Phenolic Compound in Water As Their Pentafluorobenzoyl Derivatives", *Chemophere*, Vol. 10, No. 7, pp. 767~773 (1981).

*Manuscript Received: December 2, 1991  
and Accepted: February 10, 1992*