

# 添加生物助劑提升廢水處理系統功能實廠試驗 案例

吳相進\*、吳育翰\*\*

## 摘要

某廠實際進廠水量約 40,000~45,000CMD，超出原先設計容量，在系統超負荷處理情況下，常造成放流水 COD 未能持續穩定的符合放流水標準 (100mg/L)。經加強水質水量監控並改善廠內操作參數後，仍無法達到放流標準，因此進行添加生物助劑試驗，以期在最經濟快速前提下，達到符合放流水標準之目標。經實驗結果證實利用生物助劑提升活性污泥分解能力，以解決處理系統負荷過載的問題是最經濟快速的可行方案。為模擬現場水利停留時間和評估最佳加藥劑量，進行 7 小時反應時間試驗，重現良好效果，推估加藥量每 100kg COD 需添加 1kg 液態生物助劑。

\*唐豐科技有限公司

總經理

\*\*唐豐科技有限公司

經理

## 一、計畫概述

### 1.1 試驗計畫表

期限	自 X 年 7 月 14 日起至 8 月 31 日止 (第一個月以加倍劑量添加，第二個月以維持劑量添加)
助劑	由乙方提供第一個月每天 400kg，第二個月每天 200kg
人員	由乙方人員指導甲方現場人員配合操作
目標	1.正常操作狀況(進廠水質 COD 500mg/L) 2.生物沉澱池出水 COD 低於 100mg/L，三級化學混凝處理系統停用

### 1.2 試驗步驟說明

#### 1. 第一階段(7 月 14 日~7 月 21 日)

系統正常操作情況下，將經篩選馴養的液態生物助劑以每天 400 kg 的劑量(系統建立初期投入加倍劑量)投入到初沉池後進曝氣池前的匯流槽，使生物助劑加於曝氣池內，讓大量的微生物群分解廢水中的有機質，以提昇曝氣池處理功能，縮短停留時間降低廢水 COD 濃度(日後可調配為固態助劑)。連續 3 天後，採取迴流污泥和初沉池水樣利用呼吸儀進行功能監測，如有必要調整配方；持續助劑添加和功能監測動作。

#### 2. 第二階段(7 月 21 日~8 月 11 日)

依據第一階段檢討，持續第一階段助劑添加和功能監測動作，直到系統達到穩定處理功能。而後改以維持劑量(每天 200 公斤)添加，每週採水進行功能監測，如有必要調整配方後使用。使生物處理系統維持最佳處理功效。

#### 3. 第三階段(8 月 11 日~8 月 31 日)

依據第二階段檢討，維持每天 200 公斤劑量添加，每週採水進行功能監測，如有必要調整配方後使用。使生物處理系統維持最佳處理功效，維持系統穩定操作。並彙整操作數據，進行各項功能效益評估。

## 二、試驗過程

彙整國內、國外相關文獻及使用實績，生物助劑已被確認具有下列功能：

- 提高 BOD、COD、TSS、TOC 去除率
- 提高特殊有機物去除率
- 增加生物處理系統穩定性
- 快速恢復失效後的處理系統
- 提高傳氧效率

- 減少化學藥劑的需要量
- 擴張處理系統的容量
- 減輕絲狀菌引起的污泥鬆化問題
- 減少生物處理系統的污泥產生量
- 增加放流水的澄清度

本案自 7 月 14 日開始添加助劑，第 1 次添加促進劑 450Kg 及調製生物劑 400Kg，如圖 1、圖 2。並採取初沉池、曝氣池末端、迴流污泥 3 點水樣，進行測試和曝氣池混合液污泥生物像顯微鏡觀察。15 日添加促進劑 450Kg，16、17、18 日各 300Kg。19 日第 2 次添加調製生物劑 400Kg，因颱風過境延遲 1 天 19 日加藥，並進行第 2 次採樣監測。隨後調整為每星期一、四添加調製生物助劑 400Kg 並採樣測試，其他每天添加促進劑 300 Kg。



圖 1 添加調製生物助劑

持續至 7 月 27 日後，自 7 月 29 日起改為每天添加促進劑和調製生物助劑共 300 Kg，並進行採樣監測的工作。持續執行 2 星期之後，發現星期六、日可能因進流量減少的緣故，常有異常狀況發生，導致生物處理系統功能的喪失。但都能在 3 天內恢復原有功能；8 月 19、20 日為預防假日進流水質的異常，特地各添加 1,500Kg 促進劑，20 日發現進流水有嚴重生物抑制現象，但因預防得宜，21 日實驗室測試抑制性已經降低，22 日則已恢復到更佳分解能力。

每星期一、四現場加藥、採樣後，將前階段實驗室測試反應分析圖，進行階段成效檢討與溝通。

### 三、執行成效

利用呼吸儀(如圖 2、圖 3)進行曝氣池混合液、迴流污泥水樣、生物分解反應測試。



圖 2 全套電腦連線自動紀錄呼吸儀

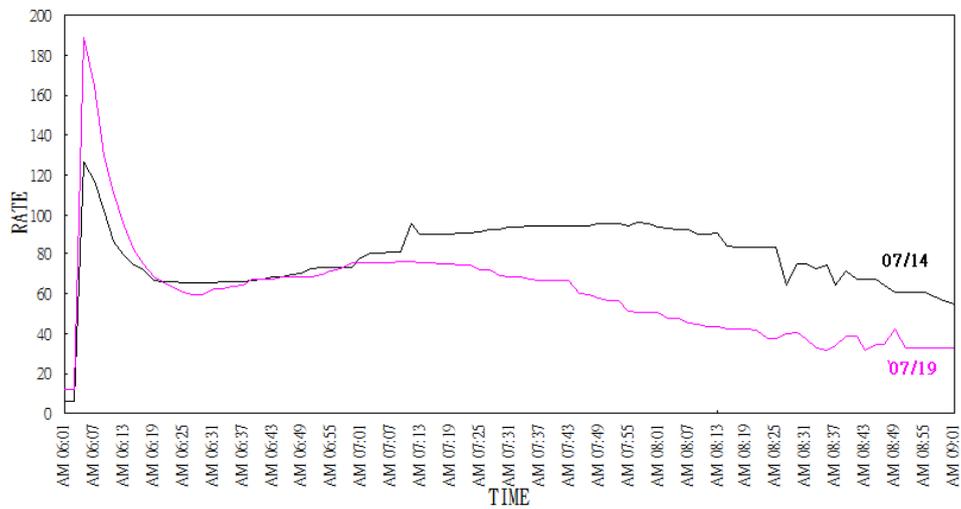


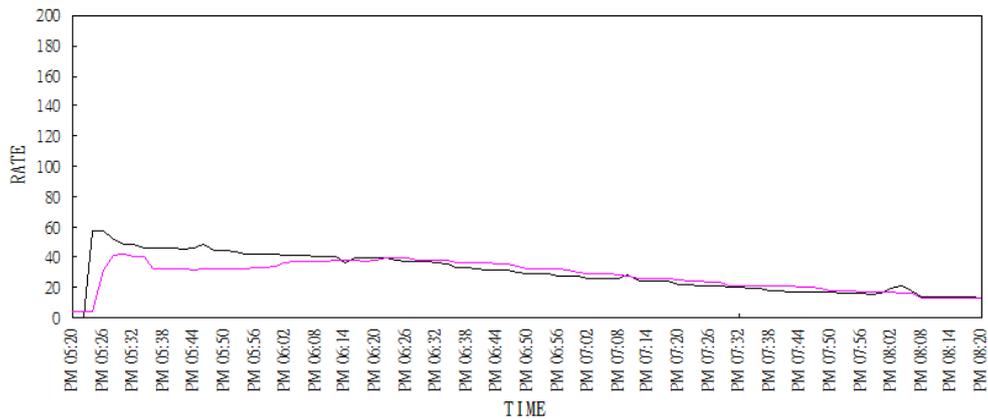
圖 3 呼吸儀反應測試槽(左)和控制系統(右)

### 3.1 第一階段

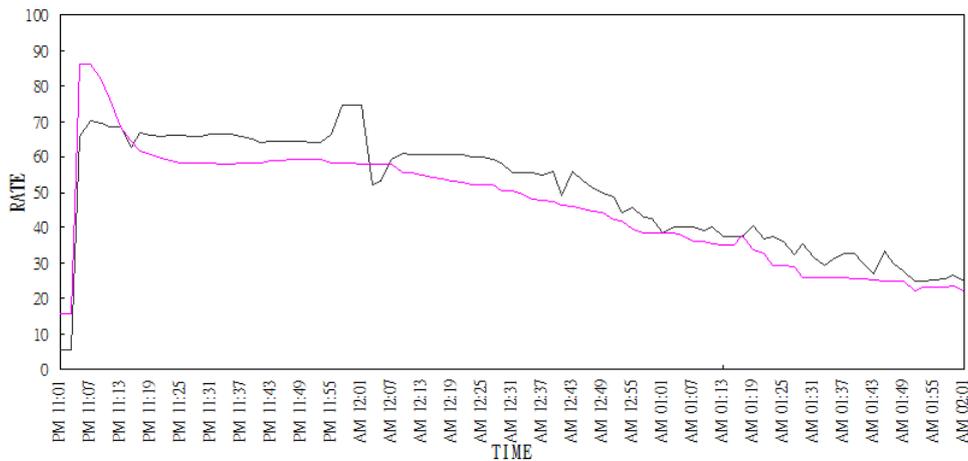
1. 7月14、19、21、25日四次採樣分析圖如下：

迴流污泥BOD反應分析圖

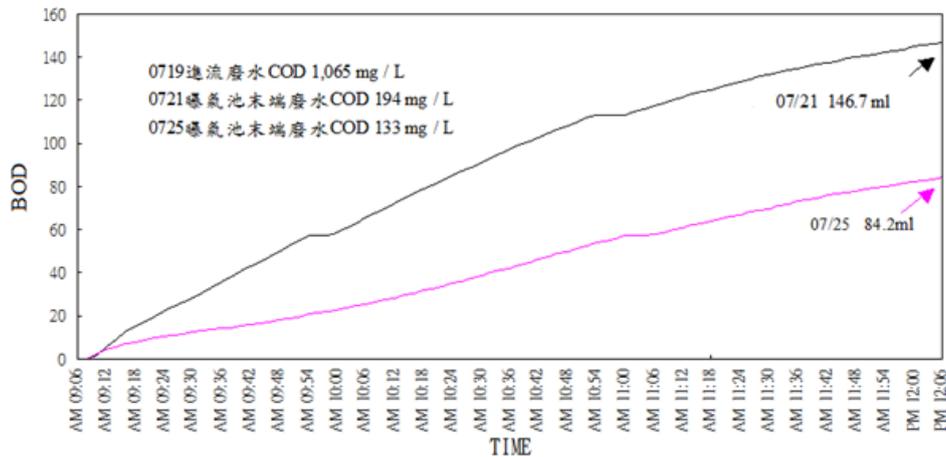




曝氣池末端廢水BOD反應分析圖



曝氣池末端廢水BOD反應分析圖



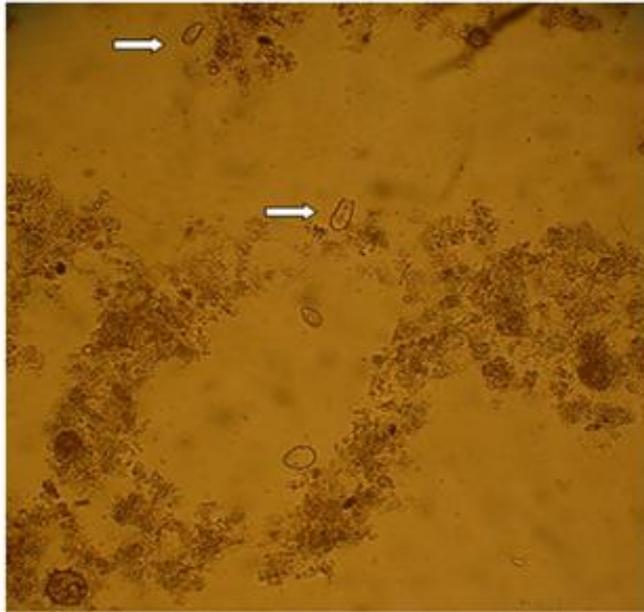
## 2. 結果分析

- A. 曝氣池末端終點 BOD 由 14 日的 141.6mg/L 降為 125.9mg/L，第一次加藥已有明顯成果，21 日升至 146.7mg/L，探討為 19 日進流水 COD 較高所致，且 25 日降至 84.2mg/L，顯示加藥後，可較快解決異常進流對系統功能的影響。
- B. 迴流污泥反應分析圖可看出經過一星期微生物馴養，21 日開始迴流污泥中微生物對有機物質的分解功能已提升。
- C. 生物分解廢水 BOD 反應分析圖也可發現第一次加藥後立即提升生物分解

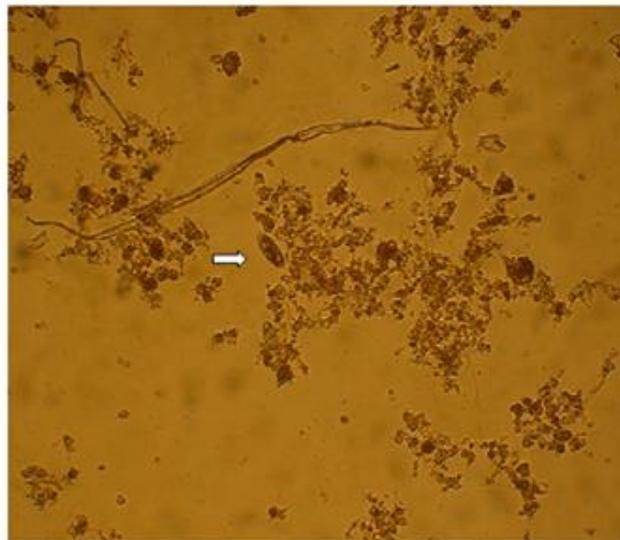
廢水有機物的功能。

### 3.顯微鏡微生物相觀察

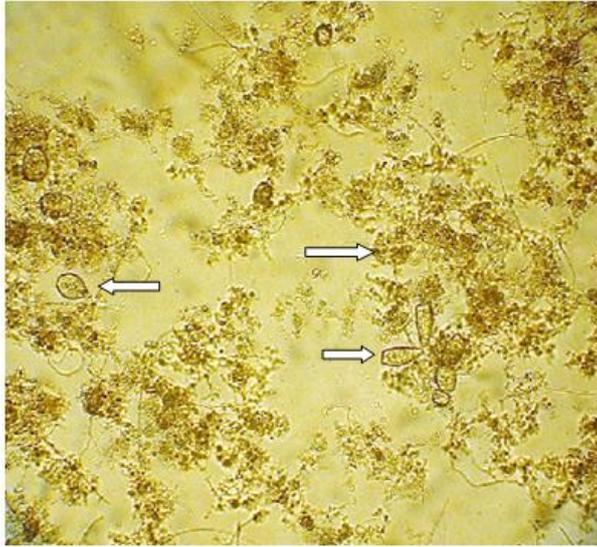
曝氣池末端和迴流污泥水樣生物相觀察結果與上述呼吸儀反應分析結果相當吻合。14 日曝氣池混合液水樣僅能發現少量游動型纖毛蟲。隨後每次水樣都能發現生物相的轉變，微生物種類、數量都持續增多，25 日水樣單一觀察片能看到 100 個以上的有柄纖毛蟲。相關照片如下：



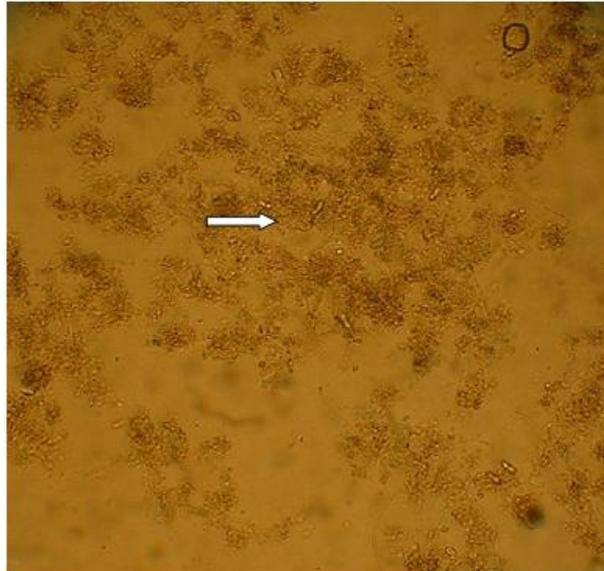
原來無活力的有柄纖毛蟲和無活力的原生動物



原來佔優勢的游動纖毛蟲



生物劑中高活力菌團和完整微生物群



白色光點部分為高活性菌群



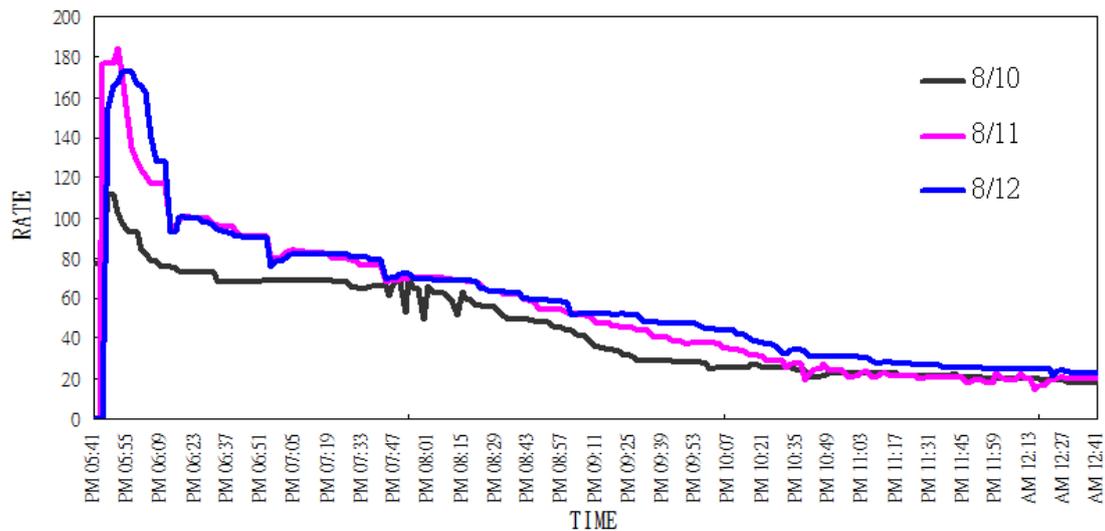
有柄纖毛蟲逐漸增加

### 3.2 異常狀況系統功能迅速恢復

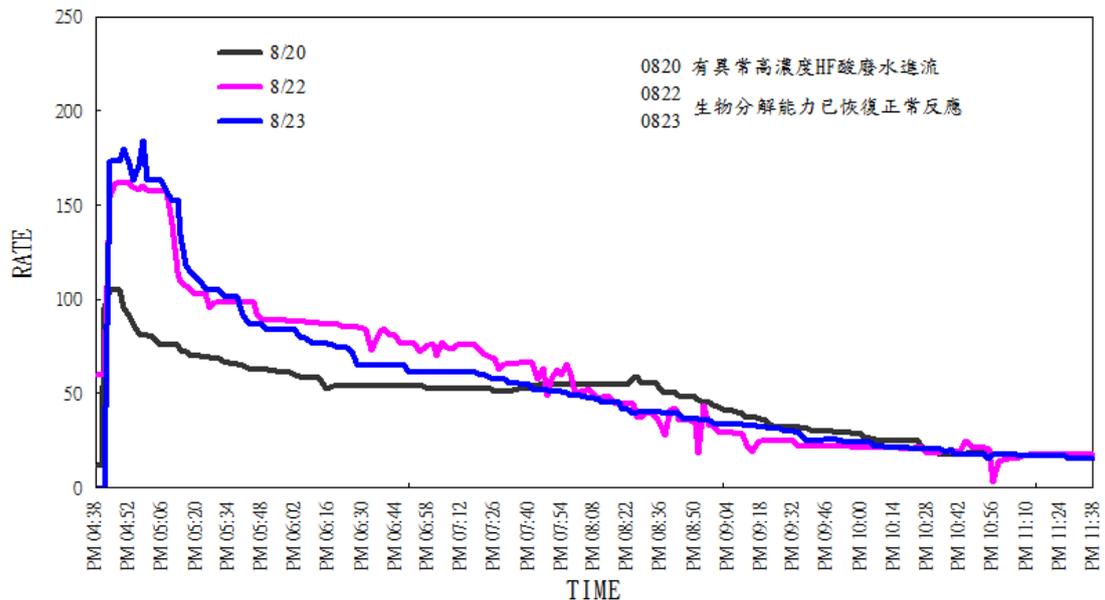
試驗期間，遭遇幾次異常狀況。但生物處理系統功能都能在 3 日恢復功能；生物系統功能的抑制和恢復，從實驗室迴流污泥生物分解性測試分析就能發現，20~23 日相關反應圖說明如下：

- 8 月 10 日有明顯生物抑制現象，但 11、12 日已恢復正常
- 20 日再次有明顯生物抑制現象，BOD 68.8mg/L 約為正常值一半，但 22 日為 113.3mg/L 接近正常值，23 日達到 116.4mg/L 為試驗以來的最高值，生物池去除率接近 80%

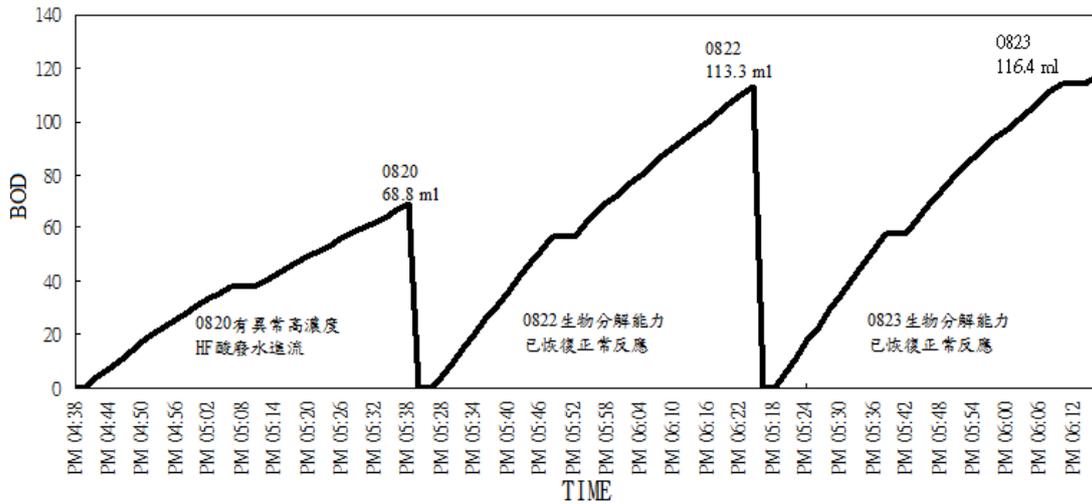
進流廢水抑制生物活性BOD反應分析圖



進流廢水抑制生物活性BOD反應分析圖

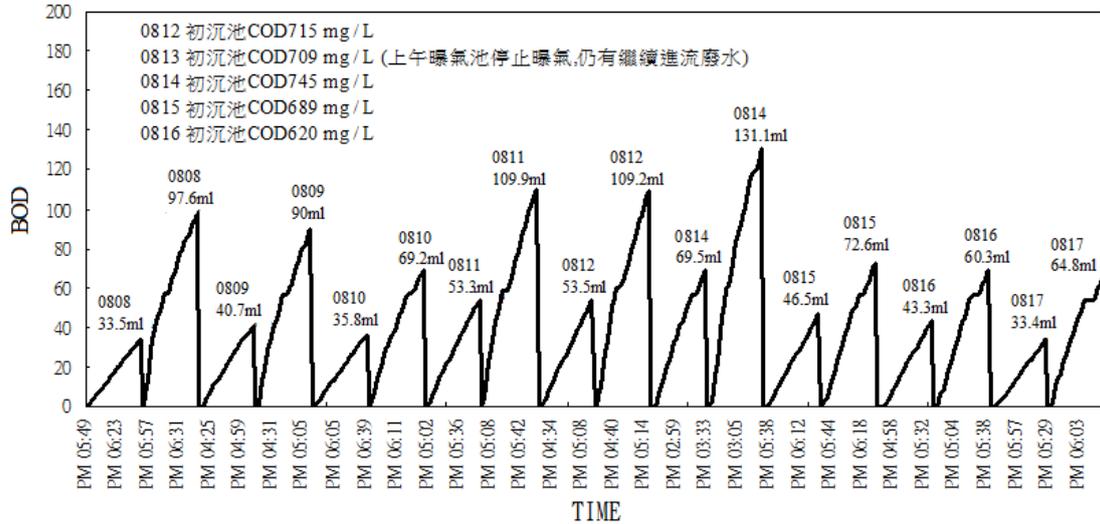


進流廢水抑制生物活性BOD反應分析圖

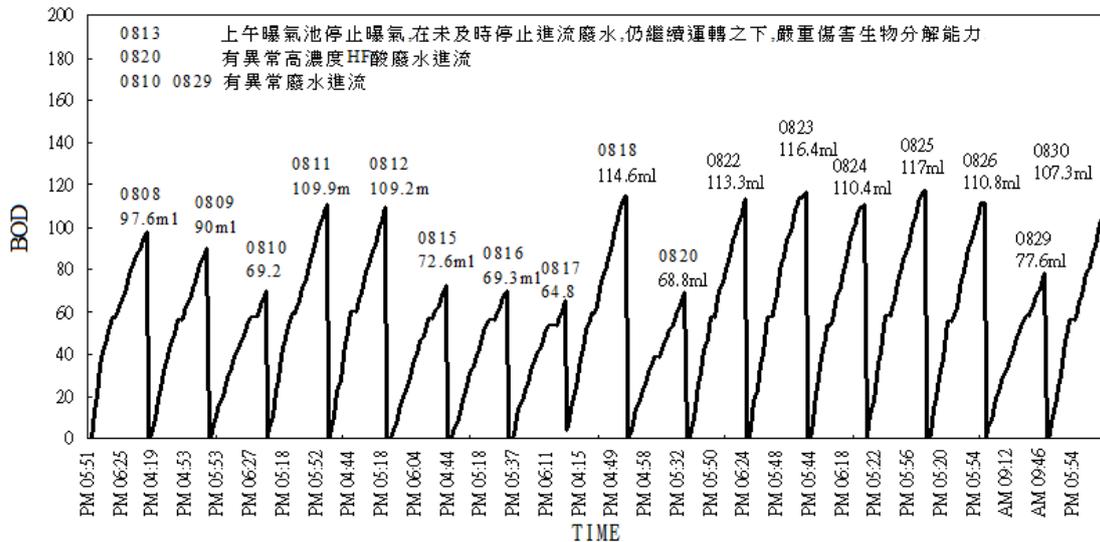


迴流污泥生物分解性測試分析圖，明確顯示系統何時遭遇異常抑制，經過幾天恢復系統功能。相關圖示如下：

進流廢水抑制生物活性BOD反應分析圖

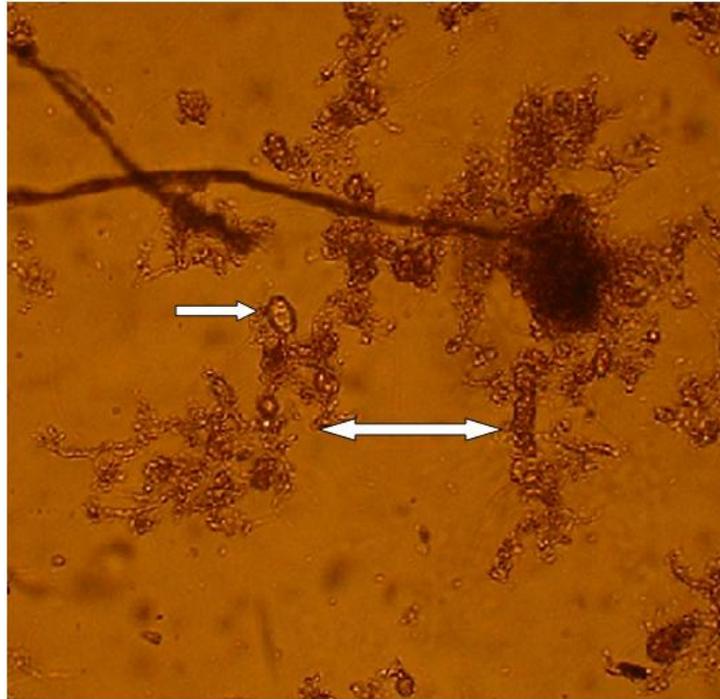


進流廢水抑制生物活性BOD反應分析圖



8、9日接近 100mg/L 的正常值，10日有抑制情形，11日恢復正常，15、16、17日連續 3 天的嚴重抑制，但生物系統尚保有部分分解能力，並未徹底破壞，分析為生物助劑功效。

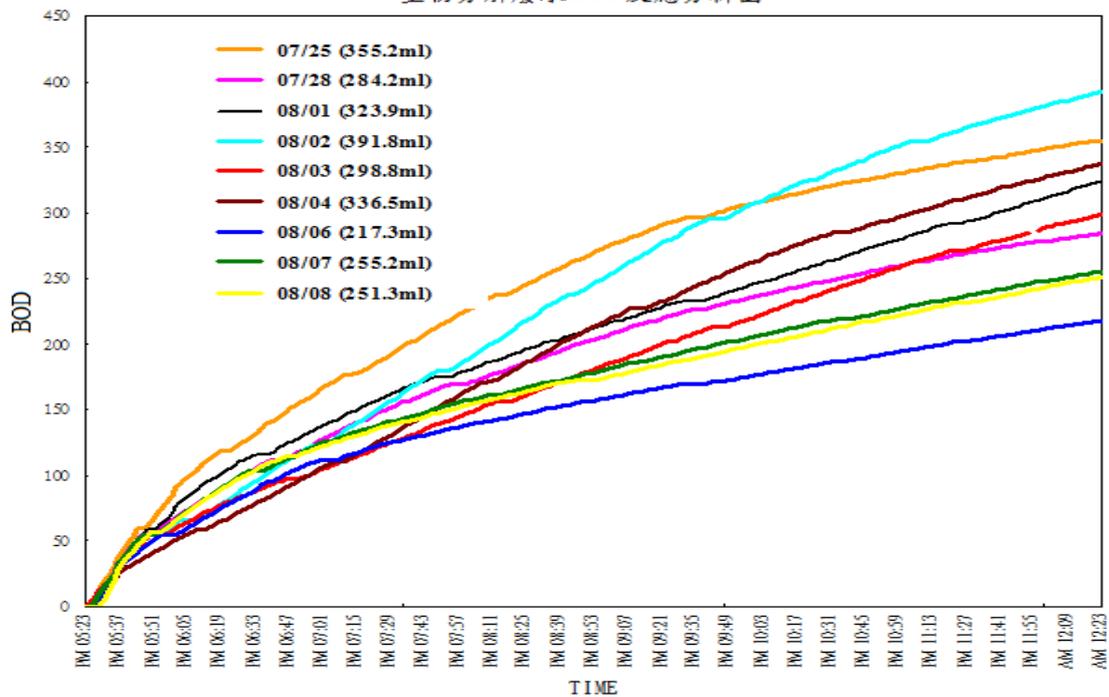
15日曝氣池混合液水樣的生物相顯微鏡觀察也能對應測試結果，活性污泥中僅有少量的原生動物，但有大量的微生物群。這是系統遭遇異常狀況，生物活性受到衝擊的典型生物相。如下圖：



單項箭頭指示原生動物，雙向箭頭光點指示大量微生物群

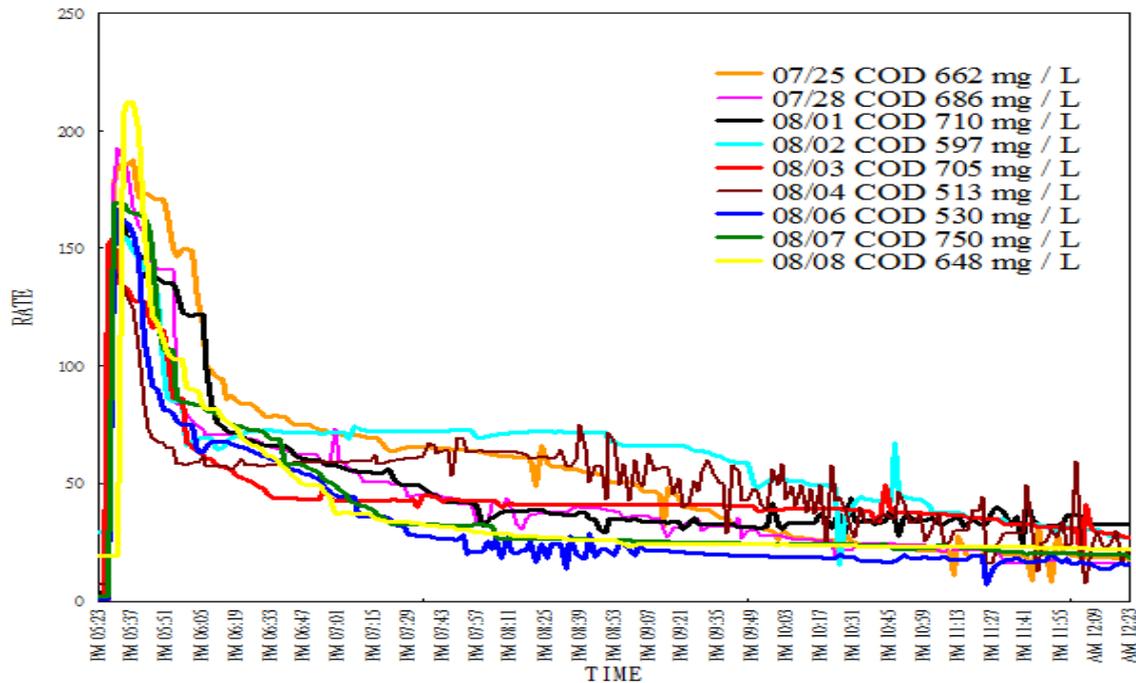
以下兩組多天反應曲線組合圖補充說明如下：

生物分解廢水BOD反應分析圖



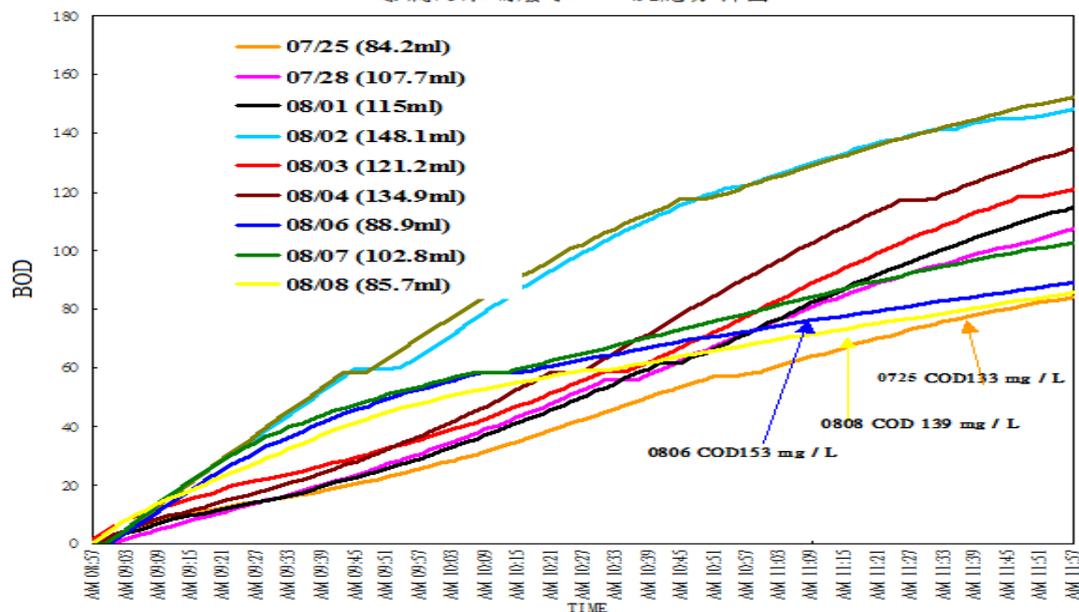
上圖為生物分解廢水 BOD 反應分析體積圖，顯示每天不同的生物分解廢水 BOD 總耗氧量。耗氧量越多表示廢水中的有機物分解越多，反應終點的 COD 值越低。對照操作紀錄完全符合現場狀況。

生物分解廢水BOD反應分析圖

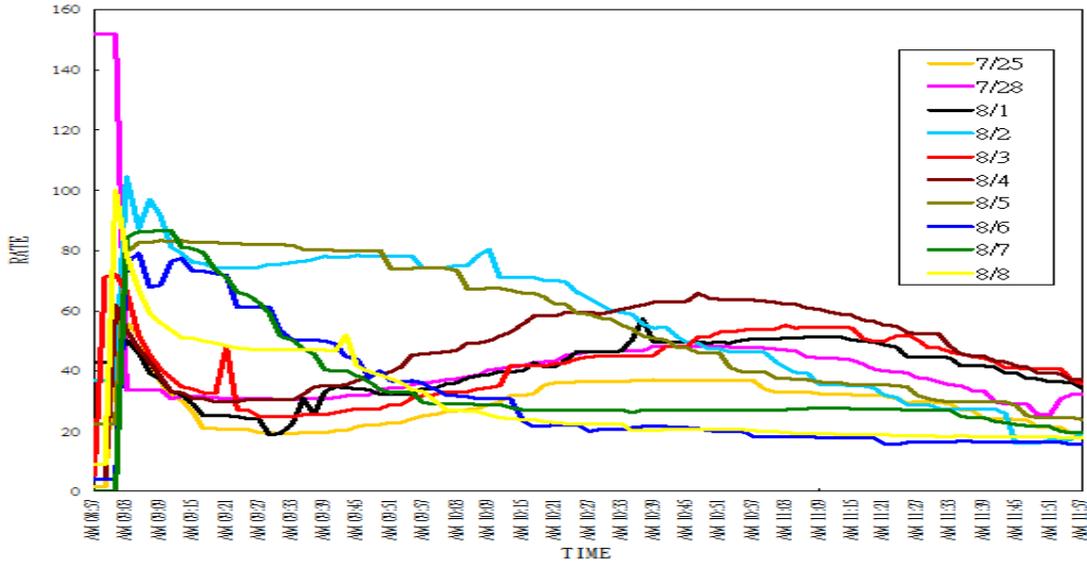


上圖為生物分解廢水 BOD 反應分析速率，顯示每天不同的生物分解廢水 BOD 耗氧速率，最佳狀況為 8 月 2 日開始的 155ml/min 經過約 30 分鐘的高耗氧反應速率之後，維持長時間的 75ml/min 反應速率，取線底下涵蓋面積就是總耗氧量；最差狀況為 8 月 6 日進流 COD 並不是最高的，但因有抑制性，因此經過約 30 分鐘的高耗氧反應速率之後，隨即降到 50ml/min 以下的反應速率，因此總耗氧量最少。現場生物池的出水 COD 值也未隨進流水 COD 較低而降低。

曝氣池末端廢水BOD反應分析圖

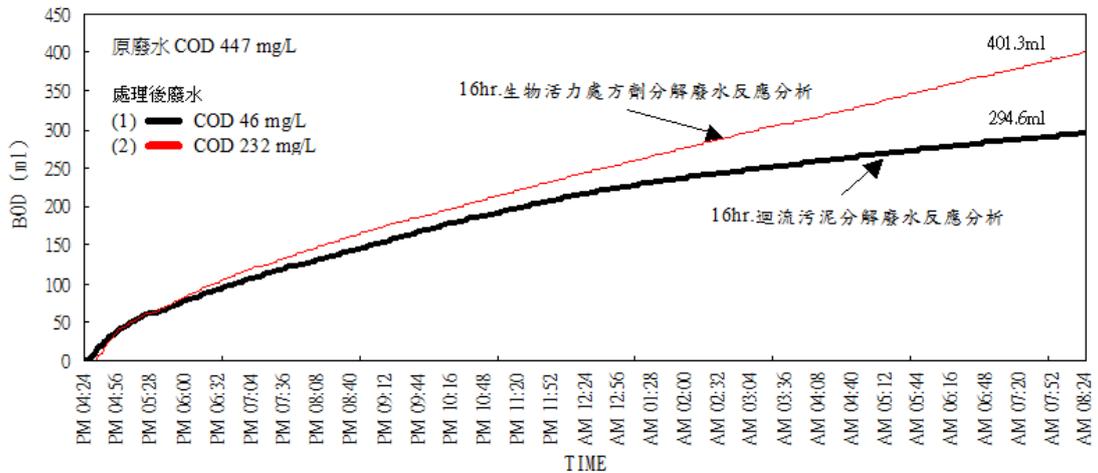


曝氣池末端廢水BOD反應分析圖



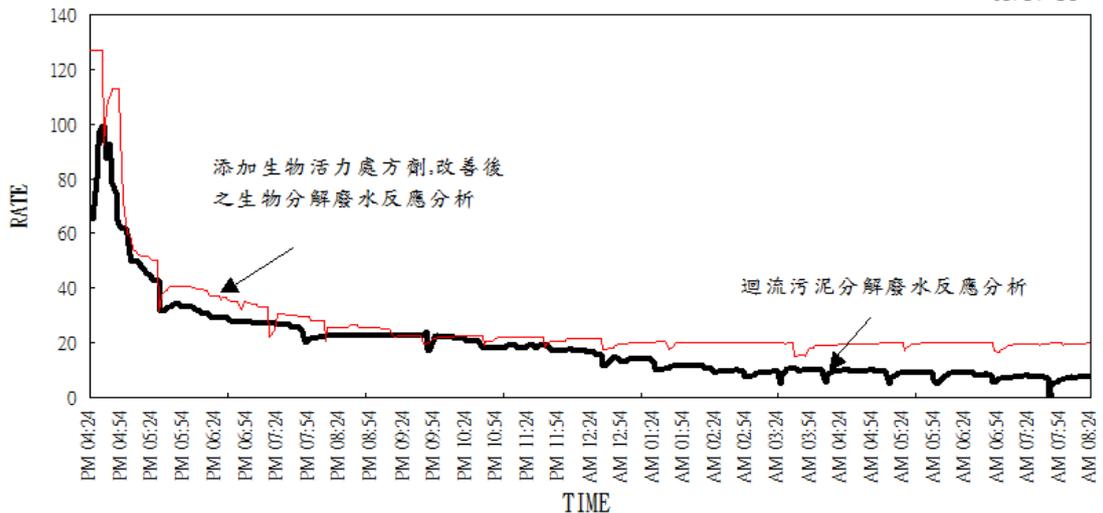
上圖為曝氣池末端廢水 BOD 反應分析組合，體積和速率顯示和前面組合圖一樣，但所代表的是另外一種意義。耗氧體積越多，代表廢水中的有機物到曝氣池末端這個階段尚未分解完全，活性污泥經沉澱池迴流到進流端時，其中的微生物群因上一循環所吸附的有機物未分解完，而不能立即投入工作發揮功能。

生物分解廢水BOD反應分析圖



生物分解廢水BOD反應分析圖

05/17-18



上面這組最初試驗反應分析圖，顯示添加生物活力劑(生物助劑)的功效。經由一個半月的試驗數據資料，驗證利用生物助劑提升生物處理系統功能，確屬經濟有效方法。對進流水質突變負荷(Shock Loading)的系統功能恢復也有快速功效。

### 3.3現場操作數據功效檢討

工業區污水處理廠處理效率紀錄表

日期	進流量	分析項目	初級處理系統			生物系統	三級處理系統		生物池去除率	MLSS
			進流水	調和池	初沉池	二沉池	三沉池	放流水		
7/25	35,946	SS	112	180	224	43.5	13.2	14.2	80.6%	3,795
		COD	544	700	691	166	138	131	76.0%	
7/26	40,071	SS	98	150	51	32.5	30	26	36.3%	3,317
		COD	560	628	574	170	156	147	70.4%	
7/27	41,171	SS	150	162	92.5	33.5	31.5	19	63.8%	3,458
		COD	584	679	569	182	158	136	68.0%	
7/28	41,743	SS	98	118	60	29	44	3	51.7%	3,748
		COD	601	654	591	178	149	139	69.9%	
7/29	37,459	SS	71	171	97	48.5	10.8	19	50.0%	3,988
		COD	545	612	550	225	153	163	59.1%	
8/1	30,587	SS	54	440	98	45	21.5	25	54.1%	3,962
		COD	507	839	621	228	147	156	63.3%	
8/2	38,210	SS	146	125	80.5	48	32.5	24.2	40.4%	4,035
		COD	660	679	594	203	179	108	65.8%	
8/3	34,652	SS	96.5	212	86	29	20	22	66.3%	3,920
		COD	512	692	588	171	142	142	70.9%	
8/4	36,524	SS	-	117	99	30	29	22	69.7%	4,302
		COD	-	471	509	184	156	156	63.9%	
8/8	41,977	SS	192	156	108	20	17.5	24.5	81.5%	4,413
		COD	667	611	574	148	125	120	74.2%	
8/9	34,512	SS	88	86	67	24	14	8.5	64.2%	4,465
		COD	549	479	493	136	89.2	89.2	72.4%	
8/10	41,578	SS	151	152	86	24	17.5	14	72.1%	3,245
		COD	543	540	493	135	123	121	72.6%	
8/11	40,598	SS	68	360	74	29.5	25	21	60.1%	4,657
		COD	583	730	517	156	128	128	69.8%	
8/12	41,131	SS	63	220	80	27.5	31	28.5	65.6%	4,662
		COD	531	744	570	179	159	159	68.6%	
8/15	31,087	SS	-	76	63	46	24	24.5	27.0%	5,265
		COD	-	316	320	210	124	134	34.4%	

日期	進流量	分析項目	初級處理系統			生物系統	三級處理系統		生物池去除率	MLSS
			進流水	調和池	初沉池	二沉池	三沉池	放流水		
8/16	40,257	SS	84	186	70	29	22	31	58.6%	4,730
		COD	500	600	581	181	124	138	68.8%	
8/17	40,852	SS	78	95	92	26	25.5	26.5	71.7%	5,100
		COD	600	500	490	176	157	143	64.1%	
8/18	40,309	SS	204	202	69	28.5	18.5	18	58.7%	4,685
		COD	616	583	521	166	133	137	68.1%	
8/19	41,578	SS	90	208	74	31.5	28	25.5	57.4%	5,008
		COD	523	641	566	160	156	156	71.7%	
8/22	30,004	SS	40	311	47	26	37.5	19.5	44.7%	5,455
		COD	624	929	699	169	174	166	75.8%	
8/23	41,875	SS	71	366	94	36	42	35.5	61.7%	5,173
		COD	582	896	737	164	155	145	77.7%	
8/24	41,573	SS	83	162	64	30.5	24.5	22.5	52.3%	5,205
		COD	542	625	690	162	130	134	76.5%	
8/25	40,867	SS	114	436	87	21.5	21.5	15.5	75.3%	-
		COD	606	577	687	130	106	108	81.1%	
8/26	41,771	SS	120	662	186	64	28	29	65.6%	-
		COD	582	779	750	168	149	134	77.6%	

由紀錄表發現：

- A. 生物處理功能自 8 月 22 日後，COD 去除率超過 75%，較佳情況亦達 80%。和實驗室生物分解測試結果相符。
- B. 去除率較佳時，曝氣池 MLSS 濃度在 5,000mg/L 以上，而且進入生物處理系統的 COD 也都在 700mg/L 左右。足以說明生物系統分解有機物之後，大都能轉化增殖為有效的活性污泥。

#### 四、結論

1. 第 1 次加藥，經過一星期的馴養、適應後，立即提升生物分解廢水有機物的功能。遭遇颱風停電和廠商排放高濃度抑制性物質，嚴重影響生物的異常操作狀況，但因為生物助劑的功效，使生物處理系統都能 3 天恢復正常功能。
2. 8 月 25、26、27 日進流量超過 40,000 噸，且 COD 達 700mg/L 左右，但生物處理系統可達到 80% 以上的去除率。
3. 試驗期間發現進流水質 COD 高於預期 500mg/L，而且常有異常狀況發生，因此加藥劑量超出預定量。適當加藥劑量需重新計算。然經過一個半月的實廠試驗操作，證實生物助劑對生物處理系統功能的提升確實有相當的助益。利用生物助劑提升處理系統功能，確為最經濟有效的可行方法。
4. 後續如能依照試驗模式維持系統穩定，隨著廢水中高濃度抑制性物質異常狀

沉機率的減少，整體效能持續提升達到最佳功效。放流水 COD 將能穩定維持 100mg/L 以下，達放流水標準。