

強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後 對於微生物活性之影響與評估

王敏誠*、蔡清讚**

摘 要

在廢水處理的過程中，不同的進流廢水性質所產生之生物活性指標值也會不同，一般而言，當進流水水質水量穩定時，生物反應系統也會處於一種平衡狀態，一旦進流水水質或水量改變後，生物系統會開始適應這個變化而達到另一種狀態的平衡，此時就必須利用各種分析方法以評估生物系統改變的趨勢。在本文中我們利用 NADH 螢光反應、脫氫酵素、氧化還原電位、總生菌數以及一般分析項 (如: pH、DO、MLSS、MLVSS) 和微生物相的觀察，以期掌握在強酸以及強鹼性廢水下，生物反應槽的活性。

【關鍵字】

1. 總 NADH 螢光反應 (total NADH – fluorescence reaction)
2. 脫氫酵素 (dehydrogenase)
3. 生物性指標 (biological potentials)
4. 氧化還原電位 (redox potentials)

*官田工業區管理中心污水處理廠化驗員

**中國醫藥學院環境醫學研究所副教授

實驗結果顯示，脫氫酵素分析法與總生菌數分析比較能表現出反應槽受到衝擊後生物活性的真正結果，但是耗時且未能即時分析是其最大的缺點，而 NADH 螢光反應強度以及氧化還原電位雖能立即反應出整個系統的改變(兩者互為反比)趨勢，但仍無法得知生物反應槽中真正活性的大小，尚必須配合脫氫酵素分析和微生物相觀察才行，因此要準確掌握生物反應槽的活性，除了要先建立生物反應槽的長期資料外，仍需配合其它儀器，以瞭解抑制微生物活性的真正原因，方能達到監測的目的。

一、前 言

1.1 計畫緣起

活性污泥法(Activated Sludge Process)是目前國內各工業區污水處理廠所常用的一種二級生物處理(Secondary Biological Treatment)方法，其主要系統是由兩個部份所構成，第一個部份是“曝氣池(Aeration Tank)”，原廢水經前處理或初級處理後進入曝氣池內，在好氧的環境下與活性污泥內的微生物接觸，利用微生物將廢水中的溶解性有機物質氧化分解，第二部份是“沉澱池(Settling Tank)”，來自曝氣池的混合液進入沉澱池後，經污泥沉澱濃縮作用，產生固(活性污泥)液(處理水)分離，沉澱後的污泥一部份迴流至曝氣池，以維持適量的食微比，一部份則排放到污泥處理系統再處置，而處理水則排放到承受水體，所以，活性污泥系統的操作原則乃是在維持一個適合好氧性微生物的生長環境，以減少放流水中污染物的量，另一方面也使沉澱池的固液分離達到最佳效果，防止懸浮物固體逸出，提高放流水之水質。但由於工業區在規劃初期並無法全然掌握廠商類別以及所產生的事業廢水特性，造成進流廢水的水質瞬息萬變，雖然大部份的有機性或無機性懸浮固體可在前處理或初級處理設施中被去除，但是進入到曝氣池中的水質依舊難以管制，常造成生物反應槽(Bioreactor)的功能降低。

1.2 計畫目的

掌握曝氣池中微生物的活性(Activity)或是存活細胞的量，同時迅速監測進流水質對於生物反應槽的影響，是決定二級生物處理系統能否有效分解進流水中有機物質及其效率的重要因素，因此本計畫的目的是在利用各種活性污泥之診斷技術(包括：NADH 螢光反應、脫氫酵素分析、總生菌數分析、氧化還原電位.....等)，來評估在強酸、強鹼性廢

36 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估

水下微生物活性的變化，以當作評估性的生物性指標(Biological Index)。

二、研究設計與步驟

2.1 研究方法

2.1.1 實驗設備(如圖 1)

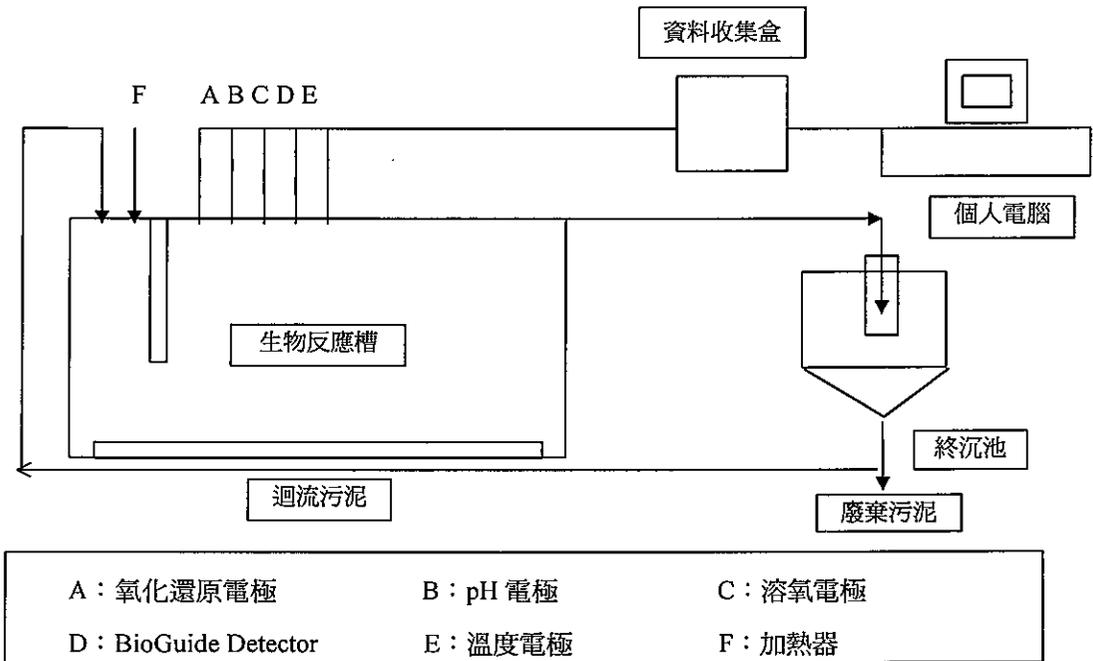


圖 1 實驗設備配置圖

2.2 分析方法

2.2.1 微生物相的分析方法

活性污泥取自曝氣池出口處，顯微鏡觀察須在採樣後 1 小時內進行，若無法觀察時，

則須保存在 4-7°C 內，且水樣量應在 1/3 採樣瓶容量以下，同時若是活性污泥濃度在 3000mg/l 以上，則應該用 2-5 倍的無菌水稀釋。一般微生物的直接計數是採用“血球計數器(standardcyt ometer)”，其操作步驟如下：計數器上之凹處有一個邊長 1mm 之正方形格子，再區分為 25 方格，每個大方格再細分為 16 個小方格，每小方格之邊長 0.05mm，蓋上蓋玻片後，玻片與計數器的間距恰好為 0.1 mm，故每一小格之容積為 0.00025mm³，計算方格中之各類微生物即可求得每 cm³ (=ml) 樣品中之各類微生物數目。以吸管吸取水樣，滴一滴在血球計數器上之凹處，隨即蓋上蓋玻片，靜置 2-3 分鐘，使微生物能沉落在底部，以顯微鏡 400 倍檢視，計算在 25 個大格中的總數，分裂中之微生物作為一個計算，微生物恰好在線上者只計算落在方格右方及下方線上者，落於上方和左方不計，如此計算 50 個大格，求其平均值二重複數次求總平均值。

2.2.2 水中總生菌數檢測方法(濾膜法)

取適當水樣，先進行稀釋步驟，分別用滅菌後之吸管依序作成一系列適當範圍的稀釋水樣(在本次實驗中分別以 1/10 倍稀釋到 10⁻⁹)，然後每一個稀釋水樣各取 10ml 來過濾且每個稀釋倍數至少做二個重複分析，於 35°C ± 1°C 培養 48 小時。『計數』；一般情況下選取相同稀釋倍數且菌落數約 20-200 個的二重複濾膜來計數，若菌落數未落在 20-200 個之間，則選取最接近 0 或 200 個落菌數的二重複濾膜來計數，其中：

生菌數 = (選取菌落數 20-200 個之間的菌落數總和)/(選取過濾水樣之實際體積)

2.2.3. 脫氫酵素

取 50ml 的曝氣池活性污泥，並以 0.15% Tris-buffer solution 稀釋到 250ml，然後以 sonicator 設備均質化，加入 1ml 0.15% 的 2-(P-iodophenyl)-3-(P-nitrophenyl)-5-phenyltetrazolium chloride(簡稱 INT-reagent) 到一褐色試管中，再加入 9ml 已均質化的活性污泥到褐色試管，混合均勻後在 37°C 中培養一小時。取此褐色試管，加入 40ml 95% Ethanol 後(主要在停止生物反應及抽取 DHASE)，在暗室靜置 30 分鐘，以 4000rpm 離心此萃取液 20 分鐘，取上澄液，然後利用分光光度計在 483nm 測其吸光度。取 1.0ml 的蒸餾水代替 1.0ml 的 INT-reagent 重複上述步驟，以做空白試驗(Blank Test)。取 20ml 的曝氣池活性污泥，分析其 suspended solids & volatile suspended solids。「Calibration curve 的製備」：以 95% ethanol 配製一系列的 2-(P-iodophenyl)-3-(P-nitrophenyl)-5-phenyltetrazolium chloride formazan(INTF)標準溶液，濃度為 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 μmole/50ml ethanol，然後

38 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估

在 483nm 測其吸光度，並以 INT.F standard solution 對吸光度作圖，建立迴歸校正曲線。

「計算」我們可以利用校正曲線推估「未知樣品」的 T.F 濃度，而樣品 DHase 的活性可由 TFconc./VSS conc. 計算，如： $\mu\text{ mole TF/g VSS}$ 。

2.2.4 NADH 螢光反應法

使用 BioChem 公司所生產之 BioGuide Detector System。其構造與原理如圖 2、3 所示。

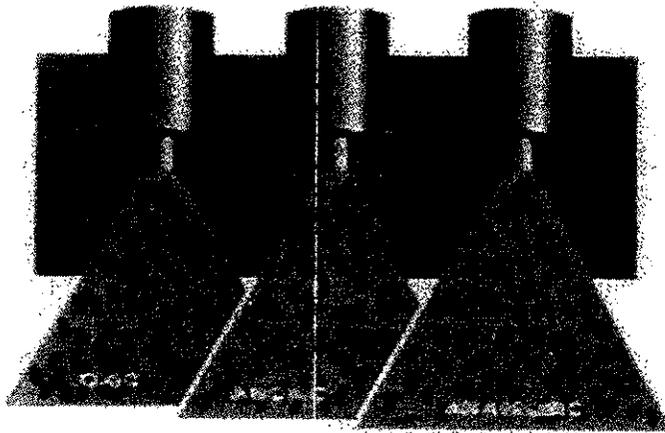


圖 2 BioGuide detector 在生物處理單元中之螢光反應(強螢光反應代表微生物處於「厭氧狀態」，中度螢光反應代表微生物處於「嫌氧狀態」，低度螢光反應代表微生物處於「喜氣狀態」)

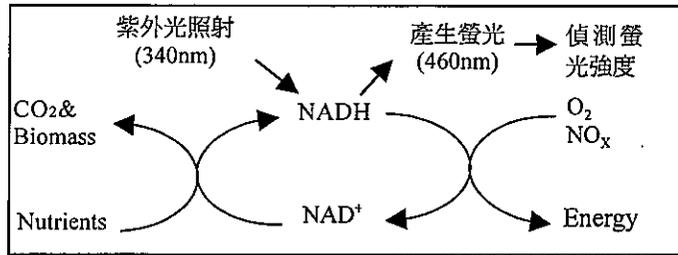


圖 3 BioGuide detector system 之分析原理

2.3 研究步驟

將已馴化的活性污泥置於曝氣槽 (Aeration Tank) 中,依標準的活性污泥法操作 (如表 1)。然後將 6N NaOH 10ml 分兩次(120min 及 150min)加入到生物反應槽內,每隔 1 分鐘記錄一次曝氣槽的 pH、DO、ORP 及 t-NFR。每隔 20 分鐘取 50ml 的曝氣槽混合液,分析其總生菌數、MLSS、MLVSS、DHase 並觀察微生物相的變化。每隔 30 分鐘分析終沉池出水的 Suspended solids, COD, BOD 及 pH 值以便分析上述數據在不同酸鹼度條件下 t-NFR, ORP, DHase 以及微生物相的變化情形,並評估其對放流水水質以及和強酸、強鹼性廢水之間的關係。強酸性廢水則在實驗開始時加入 1N H₂SO₄ 40ml, 並依上述步驟操作。

表 1 本次實驗所採用污泥馴養的操作條件

操作條件	標準活性污泥法
平均細胞停留時間(day)	4~15
食微比(kgBOD/kgMLSS-day)	0.2~0.4
體積負荷(kgBOD/M-day)	0.3~0.6
曝氣池內水力停留時間(hr)	4~6
迴流污泥比	100%
COD、BOD ₅ 去除率(%)	85~95
空氣需氧量(M ³ /kgBOD ₅)	50~60
SVI	90~120
MLSS(mg/l)	1,500~3,000

三、結果與討論

3.1 強鹼性廢水對於微生物活性的影響

3.1.1 總 NADH 螢光反應

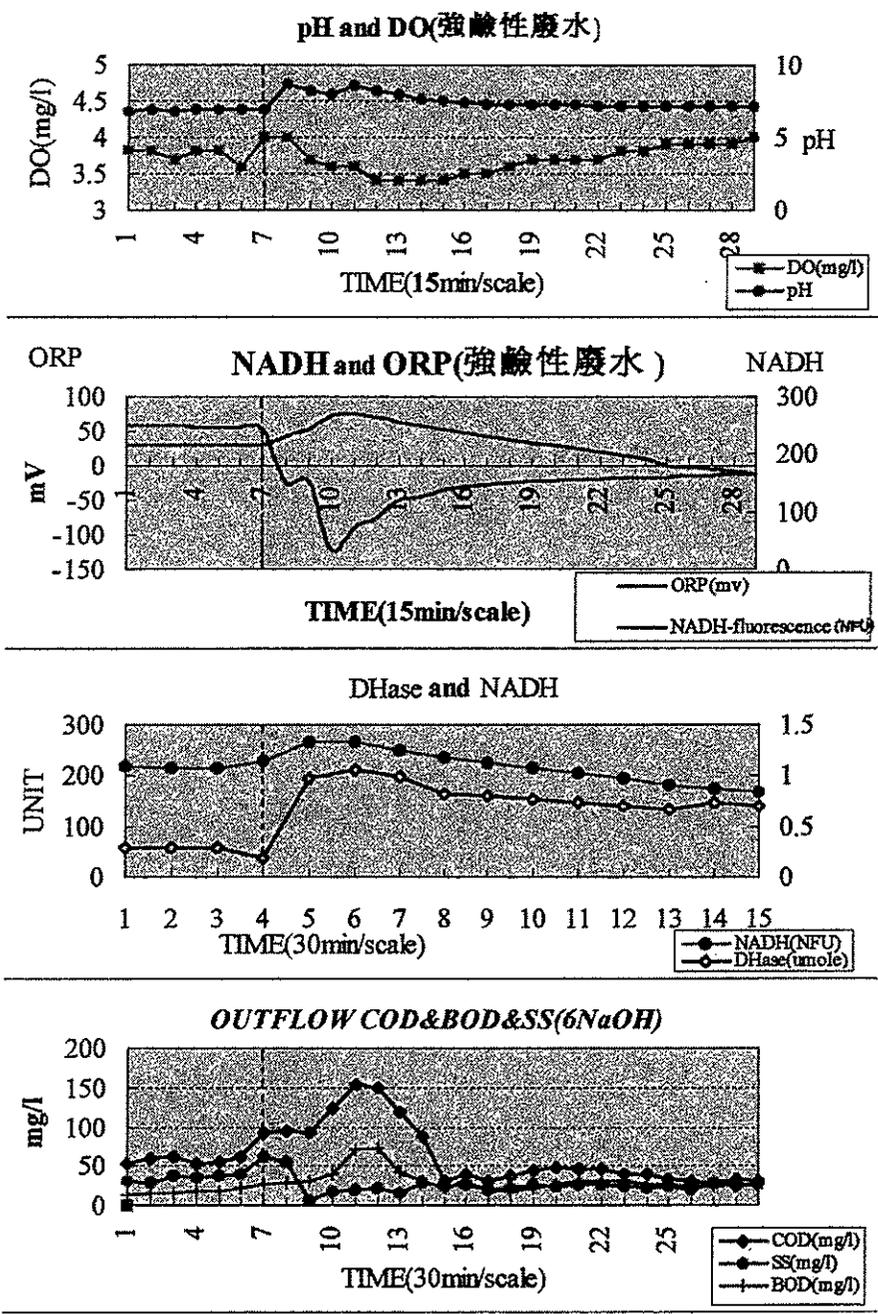
當第一次加入 10ml 的 6N NaOH 到生物反應槽時，總 NADH 螢光反應 (t-NFR) 開始迅速上升到 229.58NFU 後緩慢增加，在加入第二次相同劑量的 6N NaOH 到系統中，總 NADH 螢光反應 (t-NFR) 亦會持續增加一直到 271.48NFU (最大值) 然後再緩緩下降，到實驗終了時已經降到原來的基準值以下 (如圖 4 所示)，由此可知，當強鹼性廢水流入生物系統後，首先 (1) 抑制微生物體內酵素之反應，使得 NADH 無法提供 H^+ 供脫氫酵素所需而累積，造成系統中的“總螢光反應 (t-NFR)”大幅度的上升。(2) 因為強鹼性廢水造成大量細菌破裂死亡，再加上生物系統由於強鹼性廢水流入使得 pH 增加 (如圖 4 所示)，NADH 會逆反應形成 NAD^+ ($NADH+H^+ \rightarrow NAD^+ +2H^++2e^-$) 因此，系統中的“總螢光反應 (t-NFR)”會下降甚至低於原來穩定狀態的基準值。

3.1.2 氧化還原電位

當加入 10ml 的 6N NaOH 到生物反應槽後，由於 NaOH 提供了大量的氫氧離子 (OH^-)，使得系統的氧化還原電位迅速下降，在第一次加入 NaOH 時，其氧化還原電位 (ORP) 即下降到 -24.3mv，在第二次加入 NaOH 後，氧化還原電位更是降低到 -121.8mv，因此，從圖 5 中可以得知，氧化還原電位是隨著 pH 的上升而下降，兩者間呈反比關係。

3.1.3 總生菌數與揮發性懸浮固體比

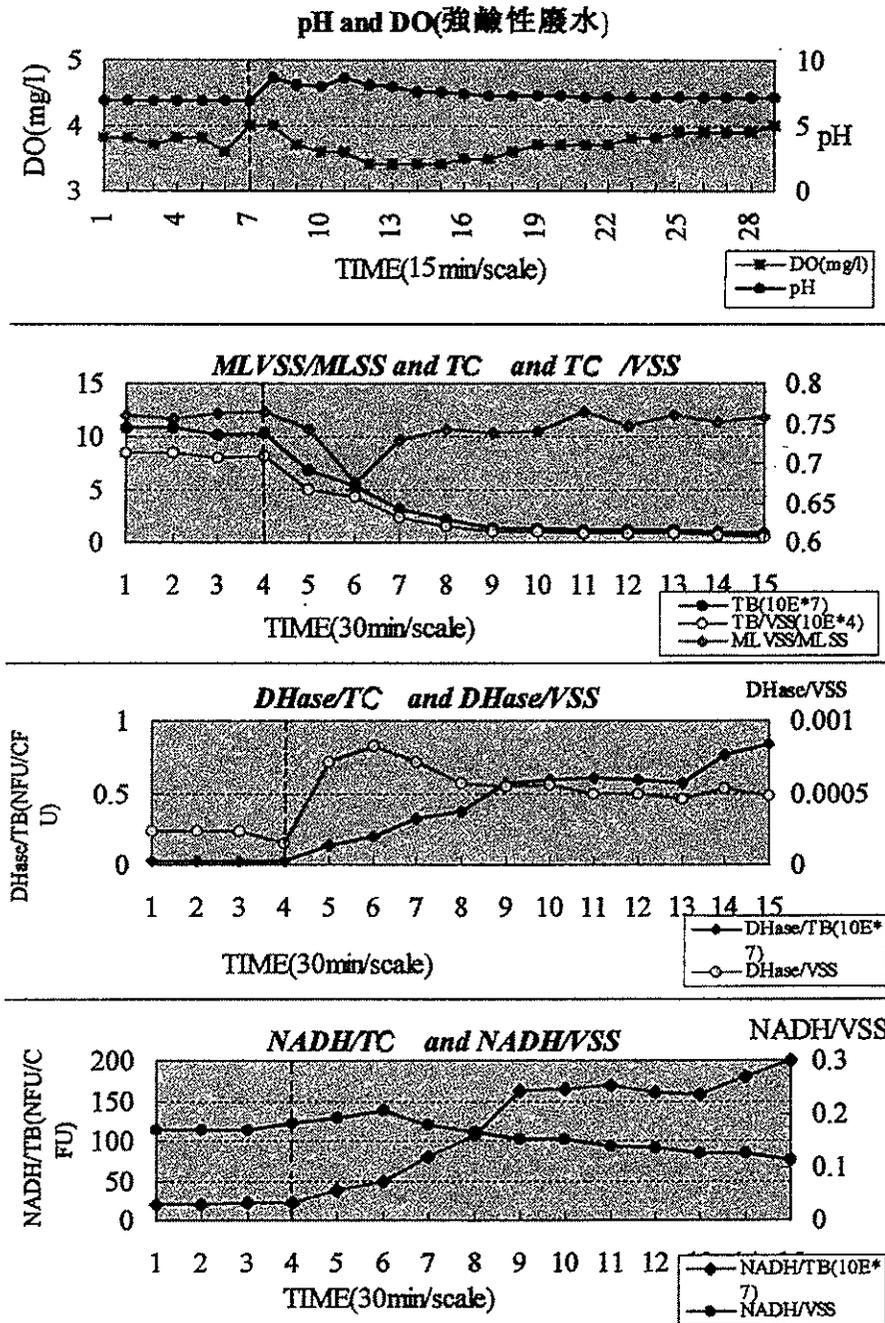
由於廢水的強鹼性，會使得微生物的滲透壓改變而造成細胞破裂，因此系統中的總生菌數也會開始降低 (如圖 5 所示)，但是系統的揮發性懸浮固體比率 (MLVSS/MLSS；常用於生物反應槽的活性指標之一) 除了有加藥後 90 分鐘內有明顯的降低外，其餘時間依然維持其比率，由此可知，“揮發性懸浮固體比率”可以測出在強鹼性廢水流入生物反應槽後系統的立即反應，而總生菌數 (TC) 不僅可以即刻反應出系統正受到強鹼性廢水的抑制，同時也可以藉此了解到鹼液對於系統的抑制強弱與結果。



虛線為 6N NaOH 10ml 之加藥點

圖 4 強鹼性廢水進入生物反應槽後，各項參數之變化曲線圖

42 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估



虛線為 6N NaOH 10ml 之加藥點

圖 5 強鹼性廢水進入生物反應槽後，各項生物性指標(BAI)的曲線變化圖

3.1.4 脫氫酵素

1.單位揮發性懸浮固體之脫氫酵素 (DHase/VSS)

脫氫酵素存在於細菌體內的量，在大部分的狀態下是與 NADH 的量成正比關係（也就是脫氫酵素的量增加後，NADH 的量也會隨之增加，以配合脫氫作用的進行），因此，從本項實驗中可以發現到（如圖 5），當強鹼性廢水流入生物反應槽後，由於系統的酸鹼度（pH）改變（如圖 4 所示），會立刻影響微生物體內酵素作用的進行，同時也抑制了脫氫酵素的作用，導致系統（生物反應槽）內“脫氫酵素”的濃度增加，但是如果 pH 持續增加將會使得細菌體內外的滲透壓改變，導致細菌的死亡，所以整個系統的脫氫酵素濃度將會減少，但是“揮發性懸浮固體量（VSS）”並不隨著強鹼性廢水的加入而減少，反而略為增加，所以，“單位揮發性懸浮固體之脫氫酵素（DHase/VSS）”在達到一最大值後，會隨著時間的增加而減少。

2.單位總生菌數之脫氫酵素 (DHase/TC)

由 3.1.3 可以得知生物反應槽中的總生菌數（TC；Total count）在強鹼性廢水進入生物反應槽後，即因細菌的死亡而明顯的減少，雖然系統中的總脫氫酵素量也會因為細菌的死亡而下降，但是“單位總生菌數之脫氫酵素（DHase/TC）”卻是增加的（如圖 5 所示），所以，在評估強鹼性廢水對於生物反應槽的影響時，單位總生菌數之脫氫酵素更能表現微生物受到抑制的情形。

3.1.5 單位總 NADH 螢光反應之活性 (t-NFR/VSS and t-NFR/TC)

在本項實驗中，由圖 5 可看出，不論是“單位揮發性懸浮固體之總 NADH 螢光反應（t-NFR/VSS）”或是“單位生菌數之總 NADH 螢光反應（t-NFR/TC）”皆與單位活性之脫氫酵素的變化曲線相似，因此可以觀察到兩者對於強鹼性廢水流入生物反應槽的反應機制（mechanism）是類似的，唯一的不同點在於單位揮發性懸浮固體之脫氫酵素（DHase/VSS）在受到抑制後，其穩定值（即反應終點前之值）會略高於未受抑制前的基準值，而單位揮發性懸浮固體之總螢光反應值（t-NFR/VSS）之穩定值會低於未受抑制前的基準值。

3.1.6 強鹼性廢水對於微生物相的影響

當強鹼性廢水流入生物反應槽時，可以從顯微鏡中看出微生物變化的情形，首先是緣毛目鐘形蟲（*Vorticella* 屬）以及下毛目膝楯纖蟲（*Aspidisca* 屬）立即受到影響，其中

44 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估

緣毛目鐘形蟲、累枝蟲 (*Vorticella* 屬) 在鹼液流入後，先是：

1. 蟲體產生斷柄、圍肛現象 (如圖 6、7)。
2. 蟲體開始膨脹 (如圖 8)。
3. 蟲體內的胞核消失 (如圖 9)。
4. 蟲體破裂消失，只殘留某些細胞內容物 (如圖 10)。

而下毛目楯纖蟲 (*Aspidisca* 屬) 的活動力則是被抑制進而停止活動並死亡，葦頂蟲 (*Arcella* 屬) (如圖 11、12)、輪蟲 (*Rotaria* 屬) 也會隨著鹼液的加入而消失，因此利用微生物的變化情形，可以評估出生物反應槽的活性是否良好，是一個不錯的生物性指標 (Biological Index) (如表 2)。



圖 6 正常型態之緣毛目鐘形蟲

3.2 強酸性廢水對於微生物活性的影響

3.2.1 總 NADH 螢光反應 (Total NADH-fluorescence reaction; t-NFR)

BioGuide Detector System 主要是利用存在於細胞內 NADH 的螢光反應強度，來判斷生物系統中微生物的活性大小，但是微生物體內的電子轉移系統與生物反應槽中的 pH 值有密切關係，這是因為微生物體內的電子轉移必須利用酵素反應來進行，而酵素本身就是一種蛋白質 (為兩性物質)，容易被存在環境中 pH 的作用而影響，因此，當強酸性

廢水流入生物反應槽後，會使得系統中的 pH 下降，同時提供了大量的氫離子 (H^+)，迫使反應向 NADH 合成的方向進行 ($NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow NADH$)，所以，總 NADH 螢光反應強度會隨著酸性廢水的加入而增加 (如圖 13 所示)。



圖 7 當酸、鹼廢水流入生物反應槽後，鐘型蟲產生「斷柄」現象(箭頭處)



圖 8 滲透壓改變，鐘型蟲蟲體趨於圓形

46 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估



圖 9 蟲體緣毛部分開始密閉(箭頭處)並呈圓形

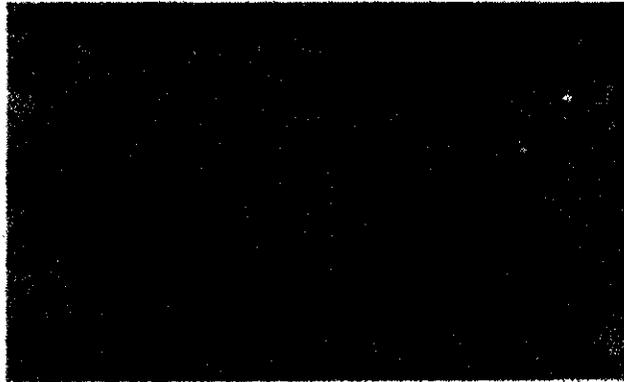


圖 10 鐘型蟲膨脹破裂，只剩下細胞殘留物(箭頭處)。

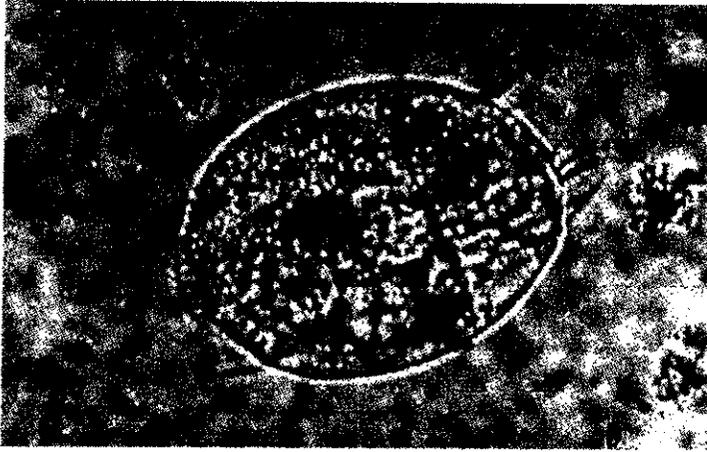


圖 11 正常狀態下之楯織蟲(良好水質之生物性指標)

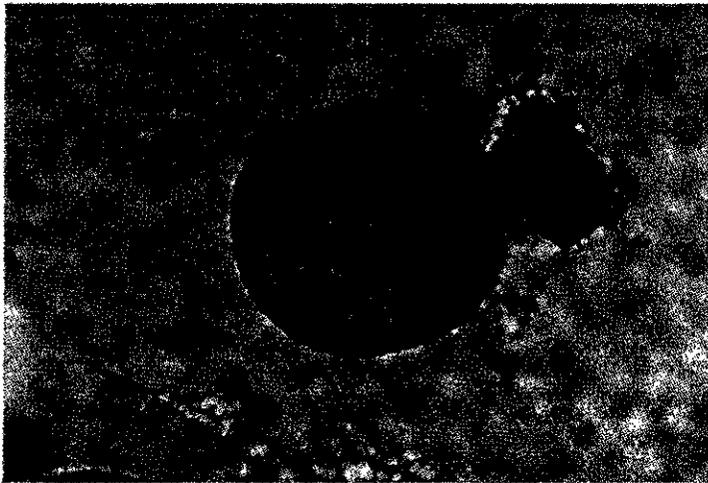


圖 12 正常狀態下之葦頂蟲(良好水質之生物性指標)

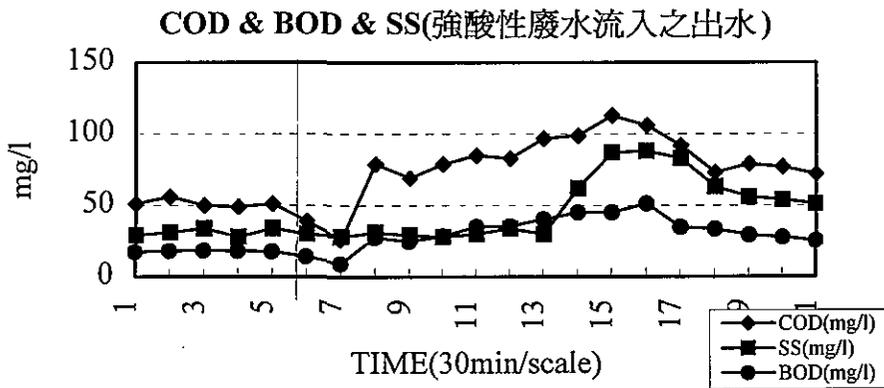
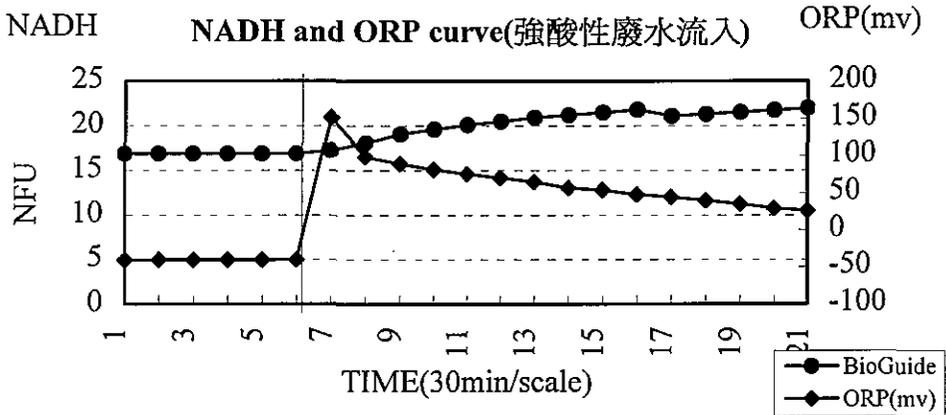
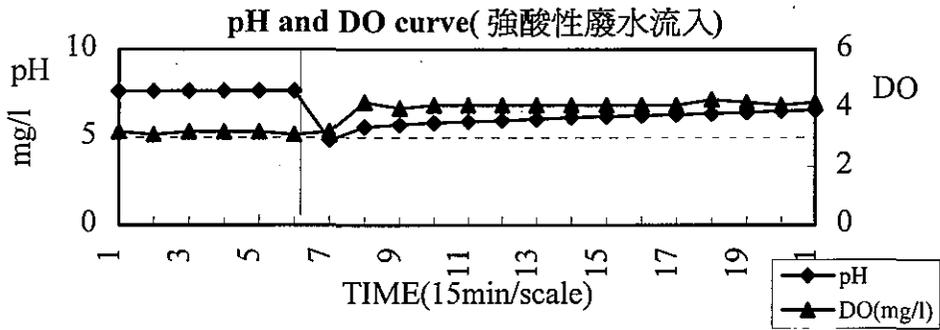
表 2 強酸性廢水進入生物系統後微生物相的變化表

項 目	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min	270 min	300 min	330 min	360 min	390 min
裸口目 斜管虫	7	5	7	3	11	16	18	7	5	1 1	8	11	12	15
毛口目 草履虫	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
吸管虫 目倒錐 虫	-	-	-	1	1	1	2	3	-	-	-	-	3	-
緣毛目 鐘形虫	9	7	9	7 1	5 2	4 1	4 1	3 2	2 1	4 2	5 1	6 1	2	4
累枝虫	-	1	-	-	1	-	2	-	1	-	-	1	1	3 2
下毛目 游仆虫	2	3	2	1	1	1	-	2	2	-	1	-	-	-
盾纖虫	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
變形虫 目變形 虫	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1
單頂虫	2	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
輪虫目 輪虫	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
纖毛虫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：淺色表示失去活性的數目

3.2.2 氧化還原電位(Oxidze Redox Potentials ; ORP)

如 3.2.1 所敘述，氧化還原電位 (ORP) 與總 NADH 螢光反應強度 (t-NFR) 兩者間的不同，在於總 NADH 螢光反應強度是測量細胞體內所存在 NADH 的量，而氧化還原電位則是測量整個系統中的氧化還原變化情形，所以，當強酸性廢水進入到生物反應槽後，大量的氧化性物質 (H^+) 會使得系統中的氧化還原電位上升 (如圖 13)，但也由於進流合成廢水中含有某些緩衝物質 (如： KH_2PO_4 、 $NaHCO_3$)，會使得氧化還原電位上升到一定範圍後，開始下降。



註：實線處為強酸性廢水之加入點

圖 13 強酸性廢水流入生物反應槽後，各項參數與放流水水質之變化曲線圖

3.2.3 酸鹼度(pH)與溶氧(DO)

在強酸性廢水流入生物反應槽後，系統的 pH 值會開始下降，同時，因為微生物受到抑制、死亡而減少，所以溶氧值 (DO) 也會跟著上升 (如圖 13 所示)。

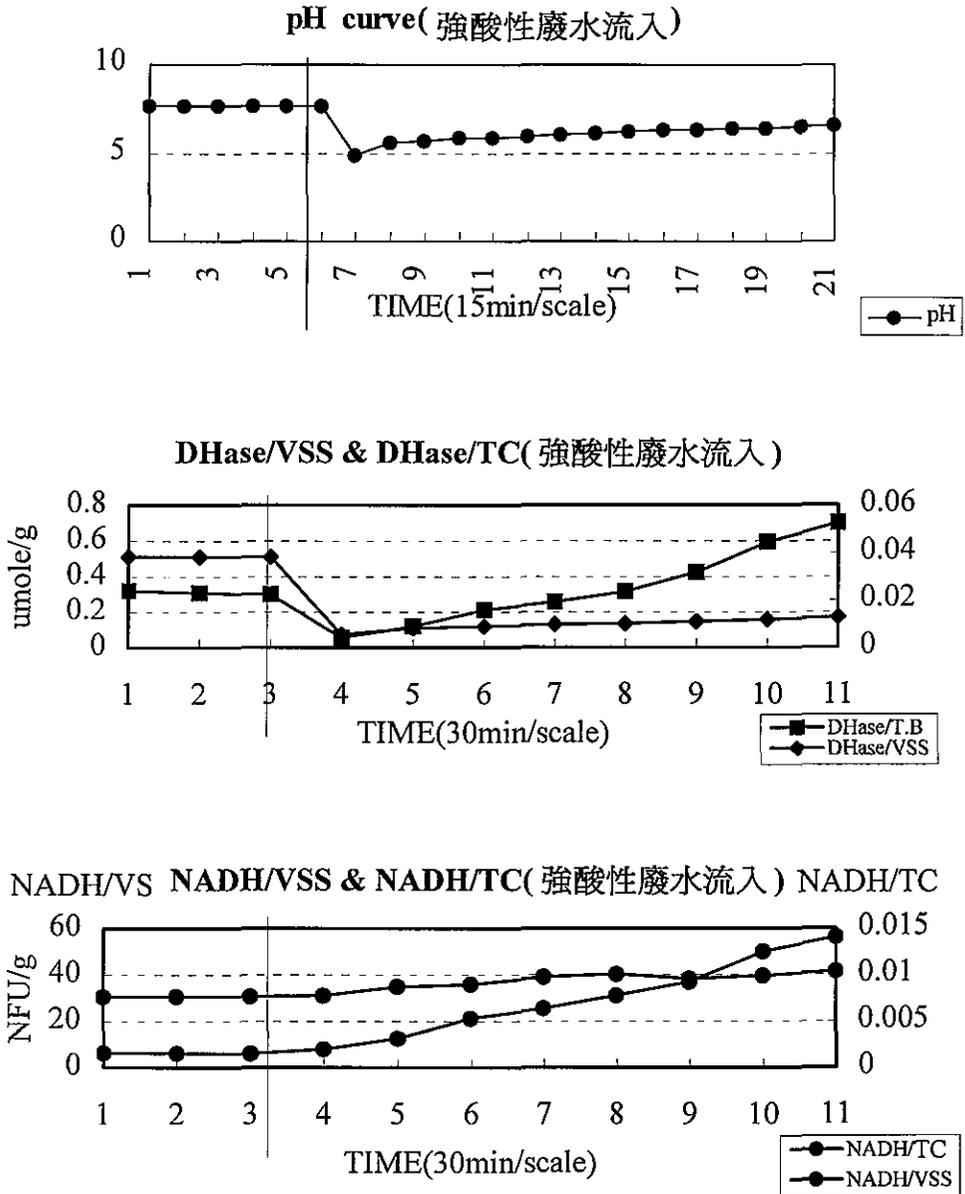
3.2.4 總生菌數(Total Count ; TC)與揮發性懸浮固體比(MLVSS/MLSS)

對大部分的細菌而言，最佳的生長酸鹼度 (pH) 值在 6.5–7.5 之間，而限制生長曲線的酸鹼度則在 5.0 到 9.0 間，因此當強酸廢水進入到系統以後，不僅會使得細菌的生長受抑制，同時也會造成細菌破裂、消失，所以生物反應槽中的總生菌數 (TC) 將會迅速下降 (如圖 14 所示)，但是，對於我們經常用於評估生物反應槽活性的揮發性懸浮固體比率 (MLVSS/MLSS) 而言，幾乎沒有什麼改變，所以當酸性廢水流入生物反應槽時，如果依舊以揮發性懸浮固體比率 (MLVSS/MLSS) 來評估整個系統的活性時，容易造成失真的狀況。

3.2.5 脫氫酵素(Dehydrogenase ; DH ase)

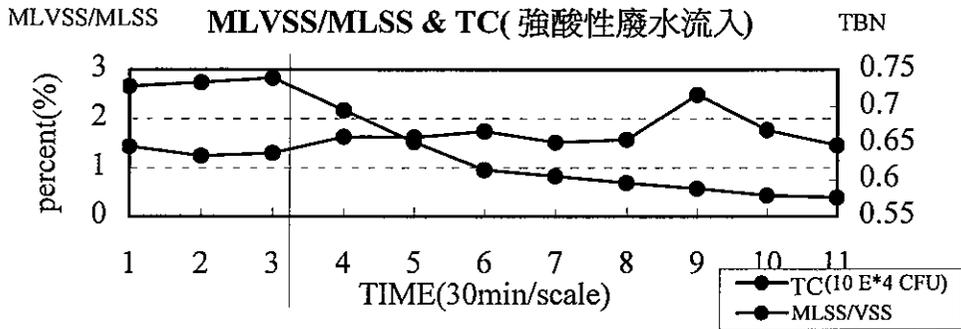
1. 單位揮發性懸浮固體之脫氫酵素 (DHase/VSS)

在本項實驗中，可以看出強酸性廢水對於脫氫酵素的影響，當我們加入 40ml 的 1N H_2SO_4 到系統後，微生物體內的脫氫酵素明顯受到抑制而減少，這可能是剛開始時，強酸性廢液提供了大量的氫離子 (H^+)，使得脫氫酵素與之反應後濃度減少，再加上強酸性破壞了微生物的生長與存活，造成生物反應槽的總生菌數降低，所以系統中的脫氫酵素量也會降低下來 (如圖 14 所示)，然後，系統中的緩衝物質或鹼性物質會和硫酸中和，使生物反應槽的 pH 值會逐漸上升，無法再提供高濃度的氫離子，同時由於揮發性懸浮固體量 (VSS) 幾乎沒有明顯變化，所以，單位懸浮固體之脫氫酵素濃度 (DHase/ VSS) 也會維持在一穩定的範圍內微幅上升。



註：實線處為強酸性廢水之加入點

圖 14 強酸性廢水進入生物反應槽後，生物活性指標 (BAI) 之變化曲線圖



註：實線處為強酸性廢水之加入點

圖 14 強酸性廢水進入生物反應槽後，生物活性指標 (BAI) 之變化曲線圖續

2. 單位總生菌數之脫氫酵素 (DHase/TC)

單位總生菌數之脫氫酵素 (DHase/TC) 變化情形與單位懸浮固體之脫氫酵素濃度 (DHase/VSS) 相類似，但當系統的 pH 值逐漸上升後，單位總生菌數之脫氫酵素 (DHase/TC) 增加的速度會比較快 (如圖 14 所示)，這是因為單位總生菌數之脫氫酵素相當程度反應出生物反應槽受到強酸性廢水破壞後，造成總生菌數大量減少的事實，所以可以發現到單位總生菌數之脫氫酵素 (DHase/TC) 似乎比較能代表整個系統受到抑制後，個別微生物的活性 (Activity)。

3.2.6 單位總 NADH 螢光反應之活性 (t-NFR/VSS and t-FR/TC)

1. 單位揮發性懸浮固體之總螢光反應 (t-NFR/VSS)

因為強酸性廢水的加入，使得生物反應槽的 pH 值開始降低，從 3.2.1 中可以得知，系統中的總螢光反應 (t-NFR) 會開始增加，同時，由於酸性廢水提供了大量的氫離子 (H⁺)，減少了 NADH 與脫氫酵素的反應量，所以，由圖 12 中可以看出，單位揮發性懸浮固體之總螢光反應 (t-NFR/VSS) 也是成增加的趨勢。

2. 單位總生菌數之總螢光反應 (t-NFR/TC)

“單位總生菌數之總 NADH 螢光反應 (t-NFR/TC)”的變化曲線以及原理和“單位

揮發性懸浮固體之總螢光反應 (t-NFR/VSS)”相類似，但由於生物反應槽中的總生菌數在強酸性廢水加入後已經明顯的降低，所以“單位總生菌數之總 NADH 螢光反應 (t-NFR/TC)”上升的幅度會比“單位揮發性懸浮固體之總螢光反應 (t-NFR/VSS)”的上升幅度來的大，更可反應單位生菌數受到強酸抑制後的變化情形 (如圖 9)。

3.2.7 強酸性廢水對於微生物相的影響

如同強鹼性廢水流入生物反應槽一般，微生物 (特別是緣毛目鐘形蟲、累枝蟲與變形蟲目的葦頂蟲) 受到明顯的抑制進而被破壞、死亡 (如表 3 所示)。

表 3 強酸性廢水進入生物反應槽後微生物相的變化表

項 目	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min	270 min	300 min
裸口目 斜管虫	-	-	-	-	1	1	4	1	3	1	2
毛口目 草履虫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
吸管虫 目倒錐 虫	-	-	-	1	-	2	2	1	1	1	2
緣毛目 鐘形虫	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	1 1
累枝虫	-	3	1	-	-	-	-	3	-	5	-
下毛目 游仆虫	1	-	1	1	-	2	-	-	-	2 2	-
盾纖虫	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
變形虫 目變形 虫	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
葦頂虫	5	8	4	1 4	3 2	6 2	2 4	3 3	2	2	3
輪虫目 輪虫	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-
纖毛虫	2	4	2	3	2	1	2	2	3	4	3

註：淺色表示失去活性的數目

四、結 論

由於廢水處理為一連續性的流程，事實上我們很難去控制每一個時段所進流的水質與水量，因此利用不同的測定方法〔包括：物理性化學性和生物性的分析〕以獲得程序控制所需的參數，是相當必要的一個步驟，由上述實驗中我們可以得到以下幾點結論：

1. 無論是強酸性廢水或是強鹼性廢水，流入生物反應槽內皆會造成系統中的總生菌數迅速死亡而下降，進而降低生物反應槽之污染物去除率。
2. 系統中的 pH 值高低會經由透壓改變影響到微生物體內的 pH 值，進而改變體內酵素的合成以及能量的產生，使分解效率增加或減少。
3. 以“揮發性懸浮固體比(MLVSS/MLSS ratio)”來評估生物反應槽內存活細胞的量，在酸鹼廢水進入時往往會有失真的現象，因為由實驗結果可以發現總生菌數因酸鹼廢水進入而減少時，揮發性懸浮固體的量卻沒有立即改變，這再控制生物處理流程的參數時（如：食微比 F/M、迴流污泥量...等），會產生錯誤的判斷。
4. 無論是 NADH 螢光反應法或是脫氫酵素分析法，當系統中的微生物含量高時，通常他們也會有較高的反應值(但是一些物理性分析法，如：氧化還原電位...卻無法反應出來)，一旦酸鹼性廢水進入後，經過一段反應時間(reaction time)他們也會隨著總生菌數的減少而反映出系統活性的降低。
5. 微生物相觀察為一良好的活性標的，特別是緣毛目鐘形蟲與葶頂蟲對於酸鹼性廢水的敏感度高，若生物反應槽中有這兩種微生物，可以當作毒性物質是否進入系統的『生物性指標(Biological Index)』。

要準確掌握生物反應槽中微生物的活性，除了要先建立反應槽中微生物活性的長期變化資料外(包括：總生菌數、脫氫酵素含量、NADH 螢光反應量.....等)，依然需要配合現場之監測儀器(如：酸鹼度計、溶氧計、氧化還原電位計)，以其“即時(Real Time)”瞭解進流廢水之物化性質，避免有害因子進入系統中，才能有效的提高處理效率，確保放流水水質。

參考文獻

- 1.張鎮男，”以 ORP 作為水處理控制參數之探討”，工業區通訊，NO：12，p 4-5，SEP.1994。
- 2.呂學智、廖述良、余瑞芳、陳萬原，”單槽連續回分式活性污泥系統自動化研究監控之初步研究－以 ORP、pH、DO 作為監控參數之探討”，第二十屆廢水處理研討會論文集，pp2-69~2-75，1995 年 11 月。
- 3.Logue C., Koopman B. and Bitton G. (1983) , INT-reduction assays and control of sludge bulking, J. envir. Engineer 109, pp915~923.
- 4.Judy Awong, Garbriei Bitton and Ben Koopman(1985), ”ATP、Oxygen uptake rate and INT-dehydrogenase activity of Actinomycete forms”, Water Res. Vol 7, pp917~921.
- 5.S.S. Cheng、P.S. Tsai、Y.F. Lee and P.W.Liu (1992) , ”Determination of Dehydrogenase Activity as an Index of Bioactivity in Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process”, Modern Science and Technology Application Symposium, MACSTA, Lcience, Illiois U.S.A., proceeding pp84~88.
- 6.X.Yang,W.B.Armiger,J.F.Lee,S.Maneshin (1991) , ”On-line measure of NADH for monitoring biological nutrient removal process”, Water Pollution Control Federation,# AC91-013-002.
- 7.Terry J. MAH, Serger Maneshin, Xin Yang and Jaw F. Lee, ”Optimizat ion of Biological Activity Monitoring : System Development”, Water Enviroment Federation Specially Conference “Automating to Improve Water Quality”, June 1995.
- 8.Benedict R. Schwegler, Terry J. Man,Xin Yang and Jaw F. Lee, ”Biological Activity Monitoring for Real-Time Control of Biological Neutrient Removal : A Case Study “, Water Environment Federation Specially Conference “Automating to Improve Water Quality” ,June 1995.
- 9.Horvath J.J., Spangler C.J., “In situ On-Line Optical Fiber Sensor for Fluorescence

56 強酸、強鹼性廢水流入生物反應槽後對於微生物活性之影響與評估

Monitoring in Bioreactor”, *Medicine and Biology-Micrology*, pp 99-115,1992.

- 10.李季眉、林坤讓、朱昱學、林正祥，廢水處理功能生物診斷技術手冊，工業污染防治服務團工業污染防治技術手冊，84年4月。