

# 污染給水源硝化處理模型場之研究(一)

## Pilot Study of Nitrification Process Treating Polluted Water Supply

鄭幸雄\* 高肇藩\*\* 葉宣顯\* 黃志彬\*\*\* 羅宜川\*\*\*\*

### 一、前言

由於台灣地區地狹人稠，許多給水源接近都市或任意設置之豬鴨畜牧場所，或灌溉迴歸排水渠。其地面水源易受到家庭污水及糞尿廢水之污染，使原水中之有機物與氮含量急遽上升。有機物中之蛋白質經微生物之降解作用，分解為氨基酸，最後分解或游離氮，此等氮在淨水廠內耗氣量相當大。尤其在枯水期間，六堵給水源，新營給水源及東港溪水源等，含氮量高達二至十毫克升（七十三年度水質年鑑），以致淨水廠加氣量有時高達四十毫克升之多。又因水中氮可使微生物滋生並堵塞於砂濾床內，發生耗氧反應之硝化作用，使砂濾床內呈厭氧狀態。則水中先前已被氧化之物質，如鐵與錳等，被還原成溶解狀，水質再度轉壞。因此，目前國內淨水廠大多採用超量預氣法，雖可解決上述問題，但氣與水中有機物反應，可能生成三鹵甲烷之致癌性物質，應加避免。

針對本省受污染表面水源含氮及有機物之污染問題，葉宣顯與陳賢焜<sup>(1)</sup>已在試驗室內以人工合成原水為研究對象，採用填充式濾床法去除水中氮，模擬處理效率可達95%以上。本研究係在東港溪水源港西抽水站現場進行兩種接觸氧化法之模型場試驗，擬進行兩年之現場研究，以尋求最佳之生物氧化法，將污染原水先行處理，方可減低淨水廠之加氣量，並減免三鹵甲烷之生成。本報告係第一年計畫前期之初步研究結果，謹此提出以供檢討改進。

### 二、文獻回顧

國外已有文獻指出原水氮含量超過0.5毫克升(mg/l)，已不適宜使用預氣處理(佐藤敦久, 1984)。為尋求預氣法之替代淨水程序，多種物化處理法被採用。例如活性碳法，離子交換法、臭氧法、紫外光照射法等。但此等強氧化劑也可能生成不利健康之中間生成物，如臭氧化物等，況且處理成本昂貴，實非台灣地區低廉自來水費所能負擔。假如能培養微生物於固定床反應槽內，利用自然生化反應，去除或穩定污染水中之碳源及氮源，則生物處理程序不失為污染給水源先處理之最經濟且實用之方法。

\* 鄭幸雄、葉宣顯，國立成功大學環工研究所副教授

\*\* 高肇藩，國立成功大學環工研究所教授

\*\*\* 黃志彬，國立成功大學環工研究所研究助理

\*\*\*\* 羅宜川，臺灣省自來水公司企劃處工程師

過去，日本亦遇到相同之水源污染問題，最初亦採用化學加藥法，後來雖研究以慢濾法，橫式過濾法及滴濾法應付之<sup>(2)</sup>，但均以所需面積過大而作罷。最後才發展出以長管接觸氧化法<sup>(2)</sup>，蜂巢式接觸氧化法<sup>(3)-(8)</sup>，旋轉盤法<sup>(6)</sup>，流動床法<sup>(6)</sup>等各式生物膜法來處理受污染之原水。在美國，生物膜法仍集中於廢水二、三級處理，Hang<sup>(9)</sup>等及McHarness等<sup>(10)</sup>以浸水式濾槽（Submerged Filter）處理廢水二級處理水，顯示對氮氮硝化作用有良好效果，其所使用的填充料為石子。隨後Kowalski和Lewandowski研究<sup>(11)</sup>以大理石代替石子作為填充料，生物膜效果更佳。

蜂巢式生物接觸氧化法的原理，類似於河川的自淨作用，也就是增加生物膜的面積，在有限體積之反應槽內，使原水不斷的循環接觸，而得到與相當長距離（約 20 公里）河川同樣的淨化效果。況且密集式填充料即以最經濟的材料得到最大的表面積和生物膜質量，並能通暢流過接觸材料的空隙，因此開發出蜂巢管（Honey Comb Tube）。經過一連串之改革，並考慮曝氣方法及排泥方法，得到各種蜂巢式生物接觸氧化裝置如圖 2-1<sup>(2)</sup>。日本的大野市，銚子市及茨城縣已使用於自來水廠的實廠操作。表 2-1 列舉須藤 侍郎<sup>(6)</sup>及工藤 真也<sup>(7)</sup>以不同裝置之蜂巢式接觸曝氣槽所作之試驗條件及結果。Okada, M. 與 Sudo, R.<sup>(12)</sup>等曾研究以類似圖 2-1 (A)型之槽型式，分別配以機械攪拌及曝氣頭曝氣，而比較兩者，發現無任何曝氣裝置之槽，其生物膜生長量小於有曝氣或攪動，葉宣顯與陳賢焜<sup>(1)</sup>之研究也證明曝氣處理效率較高。

填充式濾床法係由滴濾池法發展而來的，利用附着於填充料表面或截留於填充料空隙之生物來達到淨化水質之目的。Haug及McCarty<sup>(9)</sup>之研究結果顯示以直徑 2.5 ~ 3.8 公分之卵石作為填充料時，進流水氮氮濃度為 1.2 mg/l，去除率達 95 % 以上，而正常操作的生物停留時間（ $\theta_c$ ）達 72 天，遠大於一般活性污泥法之  $\theta_c$ ，同時他們認為較小的填充料所得的效果可能更好，但可能會因懸浮物阻塞而使水頭損失增加，但若使用於處理公共給水之原水，可能無此顧慮。Kowalski及Lewandowski<sup>(11)</sup>之實驗分別以直徑 3 ~ 8 公分之卵石及大理石為填充料，孔隙率分別為 0.25 及 0.204，在約 80 天之操作期間，氮氮之去除率達 95 % 以上。Adams及Eckenfelder<sup>(13)</sup>之研究顯示，活性污泥法雖可同時進行有機物及氮氮之去除，但只適用於高濃度之氮氮，而填充式濾床可適用於低濃度氮氮之去除，也就是說固定生物膜在基質濃度低時仍能生存。Faud, G-M<sup>(14)</sup>等以高 6 公尺之向上流生物接觸曝氣槽所作之試驗顯示，在濾速約 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-hr 時，可獲致最佳之生物膜生長量，在此狀況下，生物濃度可大於 8、9 倍發生於傳統硝化污泥單元中之生物濃度。Faud G-M等所用之濾料為有效粒徑 8 mm 的碎石。葉宣顯與陳賢焜<sup>(1)</sup>所作之生物濾床法試驗結果顯示，以無煙煤為濾料對氮氮之去除效果大於以一般石子為濾料者。

### 三、實驗設備與方法

#### (一) 實驗設備

本實驗設備之主體為兩座接觸曝氣模型槽，裝置於港西淨水場預氯水躍池上端，以平行方式操作，全部流程如圖 3-1，各單元之說明如下：

(A)蜂巢濾料反應槽：簡稱R-1槽，以碳鋼(SS 41)製成之長方錐體，長、寬、高尺寸分別為70 cm × 60 cm × 230 cm。槽中央設一曝氣槽，尺寸為12 cm × 12 cm × 150 cm，槽兩側設隔板，作為出流水沉澱溢流之用，兩隔板距本體5 cm。下方以鐵架支撐並固定，參見圖3-2。

(1)濾料：本反應槽採用瑞典Munters公司出品的Biodek 19型塑膠濾料，為蜂巢式(Honey Comb)圖3-3所示，比表面積 $140 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，材料為聚氯乙烯(PVC)。本槽共裝置五個濾料分體，每分體體積為60 cm × 60 cm × 30 cm，各相鄰分體之濾板斜向相反。

(2)進流及出流：取水口設於淨水場水躍池上端，以離心式抽水機，將原水送至中央曝氣槽內。進流管( $\frac{3}{4}$ " PVC管)設排水閥及採樣閥，並配有調節閥及流量計。出流口設於槽上端，出流管(2"，PVC管)亦設有採樣閥。

(3)進氣：使用空氣壓縮機( $\frac{1}{2}$ HP，復盛牌)，經由送氣管( $\frac{1}{2}$ "，SUS 304)及曝氣頭(日製SP-100)，將空氣打入中央曝氣槽底水中。送氣管亦配流量計(欣川面積流量計，SP型)。另外在濾料槽底設有反沖進氣管，作為反沖洗之用。

(4)採樣：於高150 cm之蜂巢濾體側邊，每隔25 cm設一採樣口，並於不同高度設三個手孔(壓克板，10 cm × 10 cm)。靠近手孔處之濾料均切割成二個小分體(6 cm × 6 cm)以便取出，測定附着濾料上面之生物膜攝氧率。

(B)無煙煤濾料反應槽：簡稱R-2槽，以碳鋼(SS 41)製成之圓筒錐體，直徑為35 cm，高為3公尺。上下端各有一進水口，作為向下流及向上流之進水用，底部有一排水口，以排放沉積之污泥，參見圖3-4。

(1)濾料：本槽濾料共分兩層，下層為卵石，高30 cm，上層為無煙煤，粒徑為0.8 cm ~ 1.3 cm，孔隙率40%，計高100 cm。

(2)進流及出流：同R-1槽。

(3)進氣：同R-1槽，但其曝氣頭兼具反沖曝氣用。

(4)採樣：於無煙煤層每隔20 cm設一採樣口。

## 二、實驗方法

### (A)生物膜培養

將實驗室已馴養之硝化污泥分別加入R-1及R-2槽。R-1槽直接由濾料頂端徐徐投入硝化污泥，而R-2槽採分層加入法，即每填充 $\frac{1}{5}$ 部份之無煙煤即加入一部份污泥，如此可使種植平均分佈於全濾層。培養期以含 $30 \sim 50 \text{ mg}/\ell \text{ NH}_4^+ \text{-N}$ ， $6 \sim 10 \text{ mg}/\ell$ 蔗糖及 $250 \text{ mg}/\ell$ 鹼度之進流水操作，試以較高基質濃度加速硝化菌之繁殖。R-1槽流量為 $3 \ell/\text{min}$ (停留時間4小時)，R-2槽流量為 $0.5 \ell/\text{min}$ (濾速為 $7.2 \text{ m}/\text{day}$ ，停留時間6小時)。全程培養日期R-1槽為15天，R-2槽為10天。R-1槽在培養初期蜂巢板上層曝光長滿藻類，經遮光後，於後期已不復見。

### (B)實驗內容

#### (1)原水水質

根據自來水公司水質報告(73~74年),東港溪取水站進流水所含氮於6月至1月為濃度較低,在2月至5月濃度較高。本實驗於5月至7月操作期間,原水之月平均水質列於表3-1。

#### (2)操作變數

改變進流量、曝氣量、則停留時間、水力負荷量、氮負荷量亦隨之改變。目前之實驗條件如表3-2。

#### (3)分析項目

(a)測定原水及R-1、R-2槽出流水水質及溶氧量。

(b)測定R-2槽不同深度之 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{NO}_2^--\text{N}$ 、 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 及溶氧量。

(c)水質項目: pH、水溫、濁度、色度、鹼度、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 及D.O.。

#### (4)分析方法及分析儀器

(a)氮:直接納氏比色法(Direct Nesslerization Method) Bausch & Lomb. SP-20。

(b)亞硝酸氮:偶氮比色法(Diazotization Method), SP-20。

(c)硝酸氮:變色酸法(Chromotropic Acid Method), SP-20。

(d)鹼度:滴定法。

(e) pH: TOA pH meter, Japan。

(f)濁度:濁度計, Model 2100A, Hach Chemical Co., U.S.A.。

(g)色度:分光光度儀, SP-20, Bausch & Lomb Co., U.S.A.。

(h)溶氧量:滴定法或YSI Model 57 D.O. meter, U.S.A.。

## 四、實驗結果與討論

東港溪港西取水站附近及上游有多處養豬雞鴨場,為主要之河川污染源,因非連續排放污物,造成河川水質變化很大。圖4-1為一日內(75.6.23)原水中所含三類氮污染物濃度變化情形,氮最高濃度出現在中午時刻,最低濃度出現在晚上9~10時,變動情形很大,顯示污染源有多處,不定時排污。在此情形下,港西淨水廠所採之預先加氮處理就無法應付此種水質變動,造成清水水質不良。

本文僅就模型場試車後三個月內之實驗結果加以討論。表4-1為兩模型槽在各種操作條件下之處理結果,東港溪原水所含溶氧不高且變動亦大,約2~4 mg/l。在一定曝氣量操作下,槽內處理水之溶氧亦隨之改變,R-1槽出流水溶氧約在2.8~5.1 mg/l之間,R-2槽出流水溶氧約在4.0~6.4 mg/l之間。此溶氧含量在理論上對硝化菌活性之維持是足夠的,Knowles<sup>(15)</sup>等人之研究顯示溶氧小於4 mg/l時,Nitrobacter之生長即受到抑制;溶氧小於2 mg/l時,Nitrosomonas之生長亦受到抑制。又由實驗結果顯示,R-1槽在2~4小時之水力停留時間(HRT)操作下,對氮之去除效率變化很大,除在HRT:4小時之狀況下,才有98%之去除率外,其餘2及2.5小時之停留時間,僅有平均50%之去除率。又由現場操作經驗顯示氮去除率與槽底排泥有關,即排泥後氮去除率隨操作天數之延續而遞

減至下次排泥時，亦即每次排泥可提高氨氮之去除率。由圖 4 - 2 可以看出氨氮去除率之遞減與排泥時間之影響關係。分析槽底排泥之有機質固體比值 (VSS/SS) 僅為 11%，即大部份排泥為原水挾帶進槽之泥沙，非生物膜剝落之生物質體，此等懸浮泥沙可能阻擋生物膜攝食氨氮而降低氨氮之去除率。又排泥時距長過 20 天，氨氮去除率顯著下降，宜縮短排泥時距在 10 天以內。

本期無煙煤濾槽 (R - 2) 均以向上流方式操作，試驗結果 (表 4 - 1) 對氨氮之去除效率相當好。在濾速 30 m/day 操作期間，原水氨氮濃度雖較高，大部份出流水已不含氨氮，但原水氨氮高出 2.5 mg/l 時，出流水即出現有氨氮。同樣情形也發生在濾速 90 m/day 操作期間，如原水氨氮低於 1.0 mg/l 時，出流水即完全不含氨氮，但原水氨氮高出 1.0 mg/l，出流水又出現有氨氮。如此現象在較短水力停留時間 (16 min) 暨較大濾速 170 m/day 時更為明顯，足見 R - 2 之氨氮去除率受原水濃度及濾速之影響顯著。然而在本期實驗中三種濾速之操作條件下，皆有最大氨氮去除率 (100%) 之發生。

由於蜂巢填充濾床之生物膜在三個月內生成不佳，往後實驗試程擬調整進流流量，水力停留時間及曝氣量，以謀改善對策。茲就處理效率較佳之無煙煤生物濾床之實驗情況再加討論。上段討論 R - 2 之氨氮去除量與濾速有關，如將原水含氨氮量與被去除之氨氮量試驗結果重新整理，可繪得圖 4 - 3，圖中水樣別係依原水所含氨氮量大小排列，並將同一濾速之結果點繪連線，圖示濾速 30 m/day 之去除量在 2.6 mg/l 原水含氨量以下較高，且高過另兩濾速 90 及 170 m/day 之去除量，同上段討論結果一致。另在本期 R - 2 之操作過程，曾作了四次不同操作條件之斷面分析，即在濾層不同高度取樣分析各種水質，每取樣點間距 20 cm，結果見圖 4 - 4。由圖得知，在原水不同氨氮含量及曝氣量下，以濾速 90 m/day 操作時，均以最下層 20 公分段為主要之氨氮去除部位，其中以曝氣量 2 l/min 操作時為最大去除率，即最下層可去除 50% 氨氮；若曝氣量降至 0.8 l/min，最下層僅可去除 32%。而濾速增快至 170 m/day 時，主要氨氮去除部份發生在最下二層及最上層，其最下二層之全部氨氮去除率方達 50%，似乎略遜於較小濾速之效率，但濾速快之操作可充分利用全濾層，且能達到預期之良好效率，祇要水頭損失不增加，較高濾層加上較快濾速之反應槽乃不失為經濟可靠之設計。另外 R - 2 槽向上流操作期間排泥較易，如採定期排泥，則無 R - 1 槽底污泥上攪之現象。圖 4 - 4 下圖為 R - 2 槽內各斷面溶解氧量之分佈圖，向上流式致使溶氧量隨槽高而遞減，須調整曝氣量以促使各斷面之溶氧高於 2 ~ 4 mg/l，以利硝化菌之生長。

在第一季實驗末期，R - 2 槽曾因故停止曝氣四天，而以濾速 90 m/day 操作，結果因原水溶氧本已很低，又缺少供氧，致出流水溶氧僅有 0.5 mg/l，氨氮去除率降至零。待曝氣管修復後，再次恢復供氧，氨氮去除率漸漸回升，曝氣四天後，效率已恢復至 82%。顯示在缺氧狀況下，部份硝化菌仍可維持生存，雖已減弱硝化活性，若再供給足夠的溶氧，可在短時間內再度恢復活性，這印證了固定生物膜之生存力強。

東港溪原水濁度因天氣晴雨而變動大，表 4 - 2 為各操作條件下之濁度去除率。R - 1 槽在晴天濁度約可去除 60%，雨天則降為 30%；R - 2 槽則受濾速之影響較大，其中高濾速 170 m/day 操作下，快速水流將先前阻留於無煙煤層間之懸浮固體物帶出，而造成出流水濁度

反而高於進流水之反常現象。又觀測 R - 2 槽在操作兩個月前後之水頭損失僅 0.3 公分，幾無明顯損失，表示濁度之去除，大部份為粗粒沉降槽底，細粒懸浮濁度則因無煙煤孔隙大而流失，並未造成濾層之阻塞現象。

## 五、結論與建議

就本研究第一季所得之結果，可歸納下列初步結論：

1. 以接觸曝氣生物氧化法處理污染源，需較長之馴養時間才能培養足夠之生物膜。又原水中含固體物多，應經常排泥以免懸浮固體物影響反應槽之處理效率。
2. 以無煙煤生物濾床法處理水中氨氮之效率，可達 95 % 以上，且高於以蜂巢板生物膜法。
3. 以無煙煤生物濾床法向上流式處理原水，可增加較長之濾程，其水頭損失小，反沖洗頻率可減小，增加此程序之可行性。
4. 東港溪原水溶氧過低（約 2 ~ 3 mg / ℓ），若使用生物膜法處理含氨氮原水，必須加以適量的曝氣。
5. 本研究擬繼續探討不同季節之模型場操作條件，以及原水中有機污染物對氨氮硝化之影響等實際問題。

## 誌 謝

本研究計畫係台灣省自來水公司提供研究經費，謹此誌謝。研究期間承本所研究助理陳俊成、郭明武之全力協助，一併致謝。

## 參 考 文 獻

1. 葉宣顯、陳賢焜，“填充式濾床法去除水中氨氮之研究”第三屆給水技術研討會。（1986）
2. 小島 貞南，“水道における生物處理の歴史”，用水と廢水，25：8：749（1983）。
3. 鈴木 宏平，“銚子市における生物處理の實用規模實驗”，用水と廢水，25，8，722（1983）。
4. 富平 昂一等，“茨城縣企業局における生物處理の實用規模實驗”，用水と廢水，25，8，808（1983）。
5. 吉村 滿弘等，“大野城市における生物處理の實用規模實驗”，用水と廢水，25，8，765（1983）。
6. 須藤 侍郎，“東京都における生物處理の實用規模實驗”，用水と廢水，25，8，782（1983）。
7. 工藤 眞也等，“プラスチックメディアを用いに生物學的脫窒素法”，用水と廢水 20，10，1245（1978）。
8. 渡邊 音ニ，“ハニコムチューブによる接觸曝氣および接觸沉澱處理”，用水と廢水 20，5，591（1978）。

表 2 - 1 生物接觸氧化法之實驗操作條件及結果

數量 或 濃度 項目	作者	單 位	(6)	(7)
			須 藤 侍 郎	工 藤 眞 也
槽 之 裝 置 型 式			圖 2 - 1 (a)	圖 2 - 1 (c)
材 質 比 表 面 積		$m^2 / m^3$	88.4	88.4
處 理 水 量		$m^3 / day$	15.6 - 96	12
表 面 積 負 荷		$l / m^2 - day$	39 - 240	112
體 積 負 荷		$m^3 / m^3 - day$	7.8 - 48	10
接 觸 時 間		小 時	1.1 - 6.8	8
供 給 空 氣 量		$m^3 / day$	-	4.8
循 環 流 速		$m / min$	1.0 - 2.1	-
水 溫		$^{\circ}C$	9.6	14 - 20
原 水 氨 氮 濃 度		$mg / l$	4.94	5.8
出 流 水 氨 氮 濃 度		$mg / l$	1.48	0.4
原 水 BOD		$mg / l$	6.8	18.5
出 流 水 BOD		$mg / l$	6.3	4.2

表 3-1 原水之水質分析資料

濃度 月份	NH <sub>3</sub> -N mg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	pH	鹼度 mg/ℓ as CaCO <sub>3</sub>	溶氧 mg/ℓ	濁度 NTU	色度 Unit
五月	2.33	0.21	1.1	7.62	163	3.5	11	25
六月	1.0	0.16	1.38	7.8	109	2.7	13 - 110	23
七月	1.22	0.02	1.08	8.07	148	2.7	3 - 190	23

表 3-2 實驗操作條件及範圍

槽別	流量 ℓ/min	HRT min	濾速 m/day	進流氨氮 NH <sub>3</sub> -N mg/ℓ	水力負荷 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -d	面積負荷 Nmg/m <sup>2</sup> -d	體積負荷 Ng/m <sup>3</sup> -d	曝氣量 ℓ/min
R-1	6	240	*	0.3 - 3.44	0.117	35.1 - 402	4.92 - 56.4	2.4
	3	480	*	0.74 - 1.83	0.058	43.3 - 107	6.0 - 15	4
	4.8	300	*	0.52 - 2.25	0.09	46.8 - 203	6.6 - 28	4
R-2	2.7	50	30	1.72 - 2.96	-	-	36 - 63	2
	6.2	30	90	0.3 - 1.83	-	-	15 - 89	2
	11.5	16	170	0.5 - 1.72	-	-	45 - 155	2

表 4-2 不同進流量下 R-1 及 R-2 槽對濁度之去除率

項 目	蜂巢板接觸曝氣槽 (R-1)					無煙煤濾槽 (R-2)				
	4 hr		2.5 hr		2 hr	30m/d	90 m/d		170 m/d	
天 氣	晴	晴	雨	晴	雨	晴	晴	雨	晴	雨
原水濁度 NTU	10	15	77	13	76	12	13	76	15	77
出流水濁度 NTU	3.8	4	50	6	55	3.5	5.6	55	17	85
濁度去除率 %	62	73	35	54	27	70	57	27	- 13	- 10

表 4-1 R-1 及 R-2 槽在各種操作條件下之處理結果

	蜂巢板接觸曝氣槽 ( R-1 )			無煙煤濾槽上流式 ( R-2 )		
	3.0	4.8	6.0	2.1	6.2	11.5
流量 ℓ/min	3.0	4.8	6.0	2.1	6.2	11.5
空槽停留時間 ( 濾速 m/day )	4 hr	2.5hr	2 hr	50 min ( 30 )	30min ( 90 )	16min ( 170 )
體積負荷 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -day	8.23	13.17	16.46	16.4	48.5	90
表面積負荷 ℓ/m <sup>2</sup> -day	59	94	118	31.4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -day	92.4	172
曝氣量 ℓ/min	4	4	2	2	2	2
出流水溶氧mg/ℓ	(3.5)	3.3 ~ 5.1	2.8 ~ 4.7	5.7 ~ 6.4	5.4 ~ 5.8	4.0 ~ 6.2
進流水氮mg/ℓ	1.53(2.8)	0.52 ~ 2.25	0.3 ~ 3.44	1.72 ~ 2.96	0.3 ~ 1.83	0.5 ~ 1.72
出流水氮mg/ℓ	0.03(0.4)	0.14 ~ 1.33	0.0 ~ 2.1	0.0 ~ 0.5	0 ~ 0.05	0.0 ~ 0.33
氮去除率 %	98 (85)	41 73	28 ~ 100	83 ~ 100	100	70 ~ 100
進流水亞硝酸氮 mg / ℓ	0.019 (0.026)	0.0005 } 0.0214	0.0138 } 0.025	0.0156 } 0.0224	0.012 } 0.023	0.001 } 0.075
出流水亞硝酸氮 mg / ℓ	0.03 (0.016)	0.002 } 0.0203	0.0052 } 0.0027	0.0 } 0.0226	0.0 } 0.0058	0.003 } 0.0305
進流水硝酸氮 mg / ℓ	1.45 (1.4)	0.94 } 1.35	0.5 } 1.65	0.5 } 1.65	0.9 } 1.7	0.75 } 1.95
出流水硝酸氮 mg / ℓ	2.93 (3.85)	1.4 } 1.85	1.3 } 2.65	2.75 } 3.35	1.75 } 3.0	1.4 } 2.95
進流水 pH 值	8.0 (7.5)	8.07	7.62	7.6	7.8	8.0
出流水 pH 值	8.15(7.6)	8.18	7.7	7.47	7.8	7.73
平均水溫 °C	29 (25)	30	27	26.1	28.5	29.5
進流水濁度	(10)	2.6 ~ 190	10.5 ~ 110	10.5 ~ 17.5	13 ~ 110	10 ~ 190
出流水濁度	(3.8)	1.7 ~ 88	2.4 ~ 56	2.0 ~ 4.5	5.4 ~ 76	5.7 ~ 165
進流水色度	24	-	24	24	24	20
出流水色度	21	-	20	20	20	20
進流水鹼度 mg/ℓ	164	148	144	149	56 ~ 164	147
出流水鹼度 mg/ℓ	158	142	140	137	54 ~ 150	140
水樣數	2 (1)	12	18	6	9	14

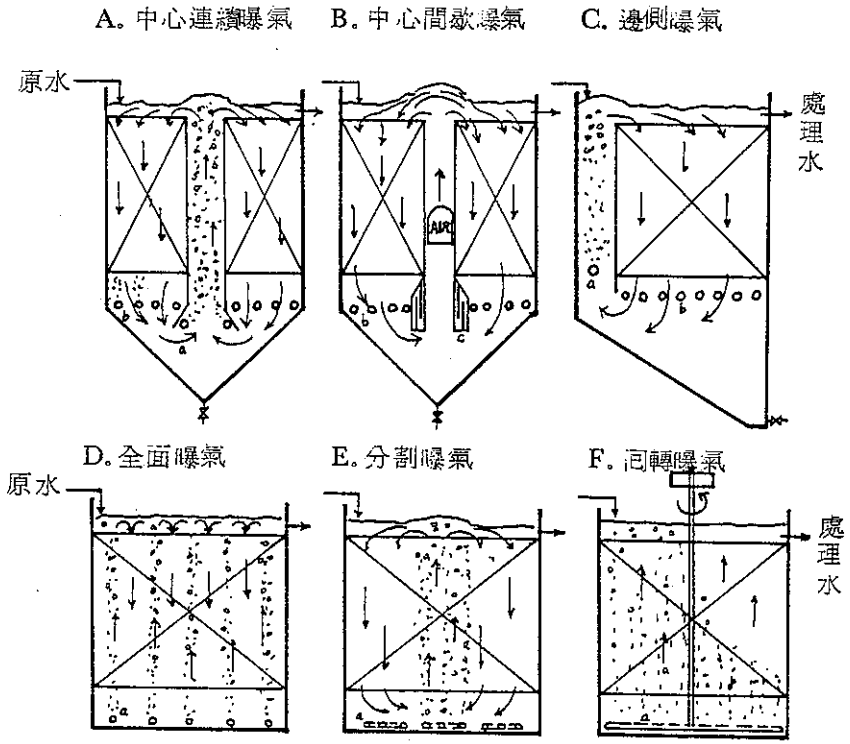


圖 2 - 1 各種生物接觸曝氣槽

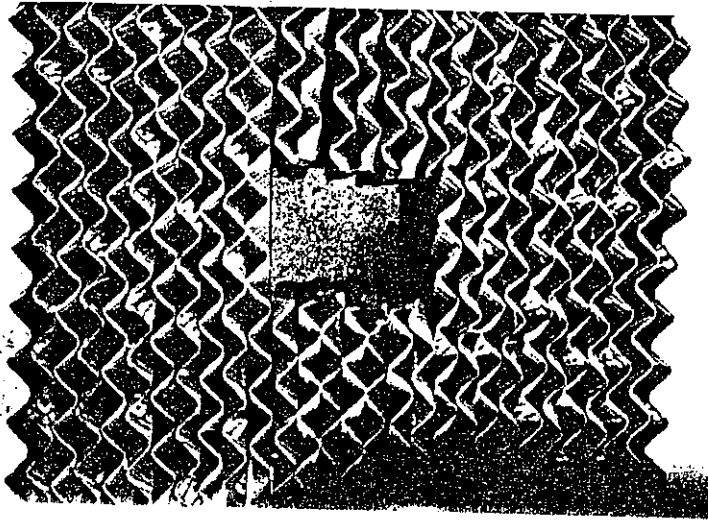


圖 3 - 3 蜂巢式塑膠板結構

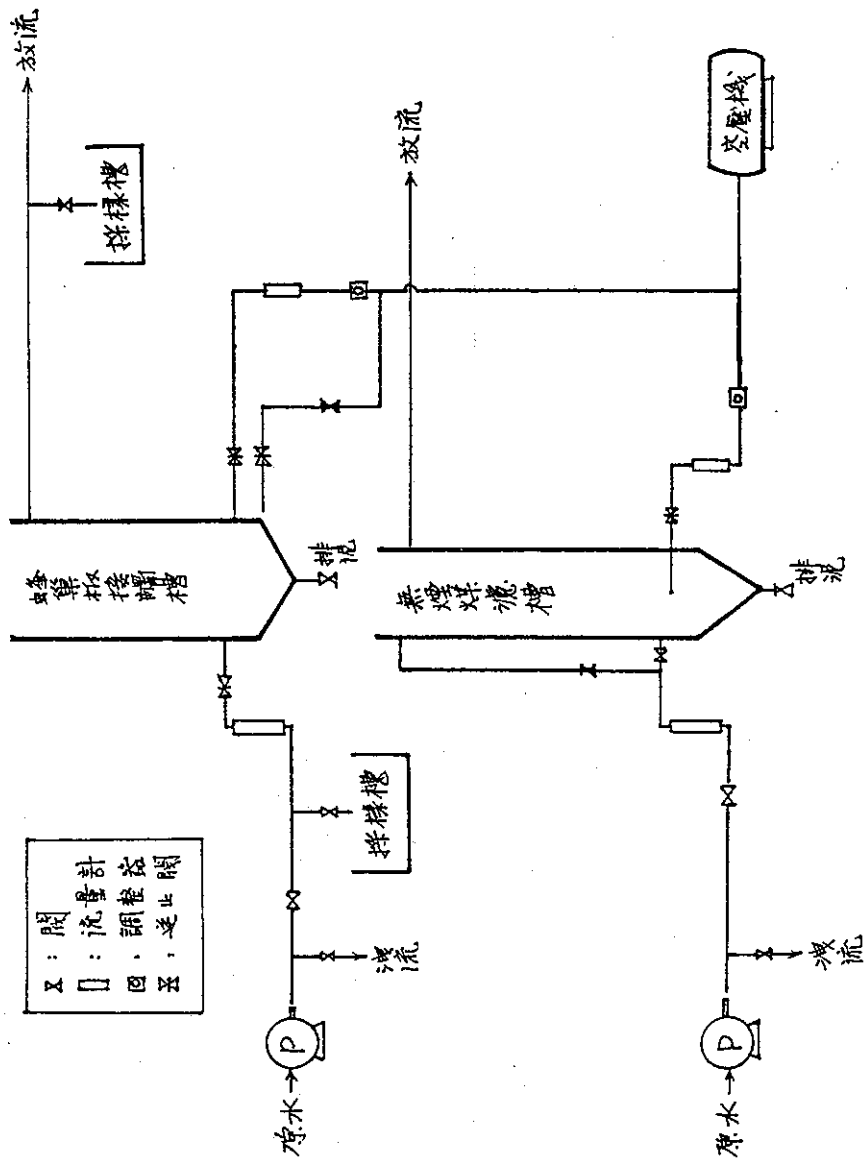


圖 3 - 1 實驗流程圖

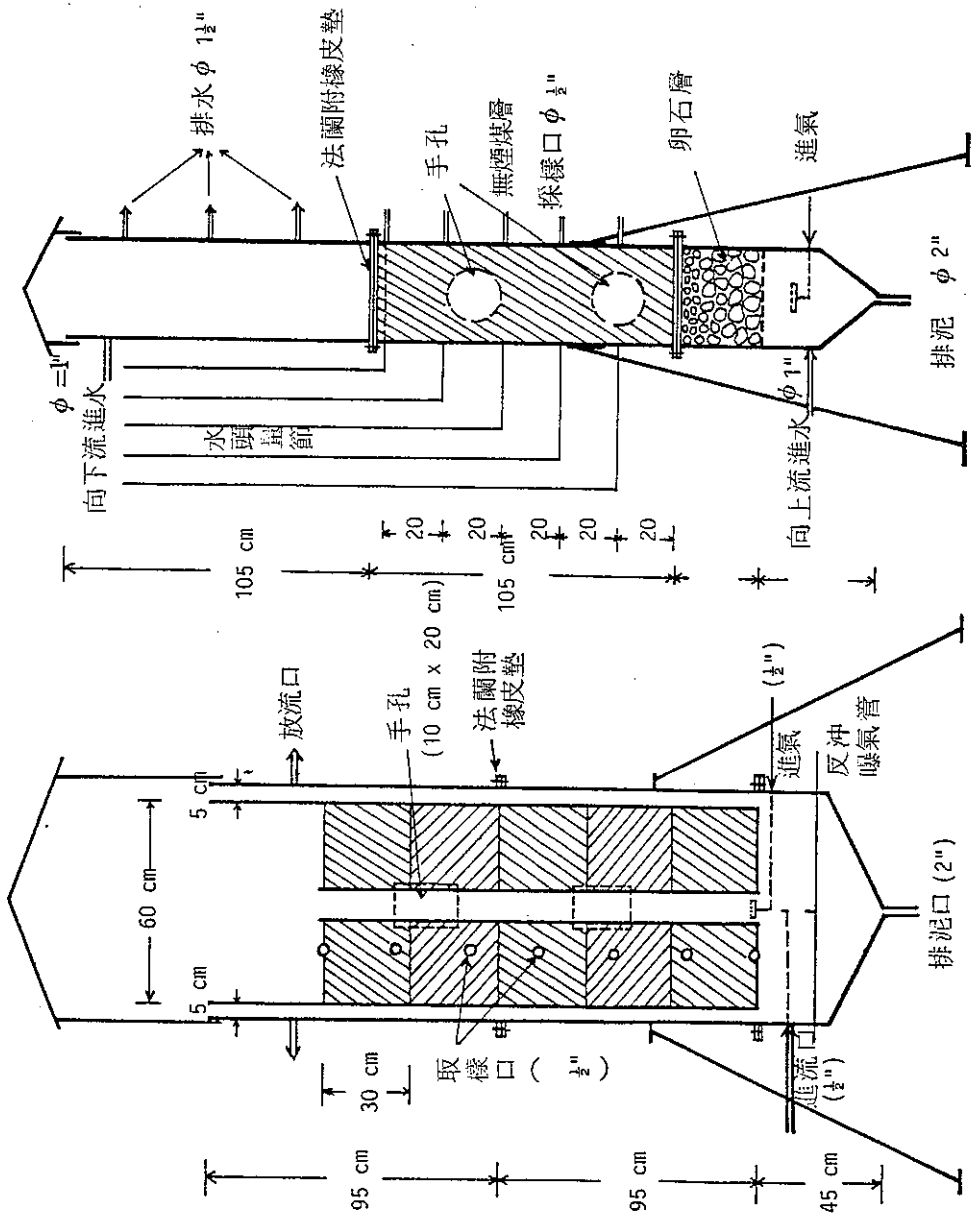


圖 3 - 4 無煙煤粗過濾槽

圖 3 - 2 蜂巢板接觸曝氣槽

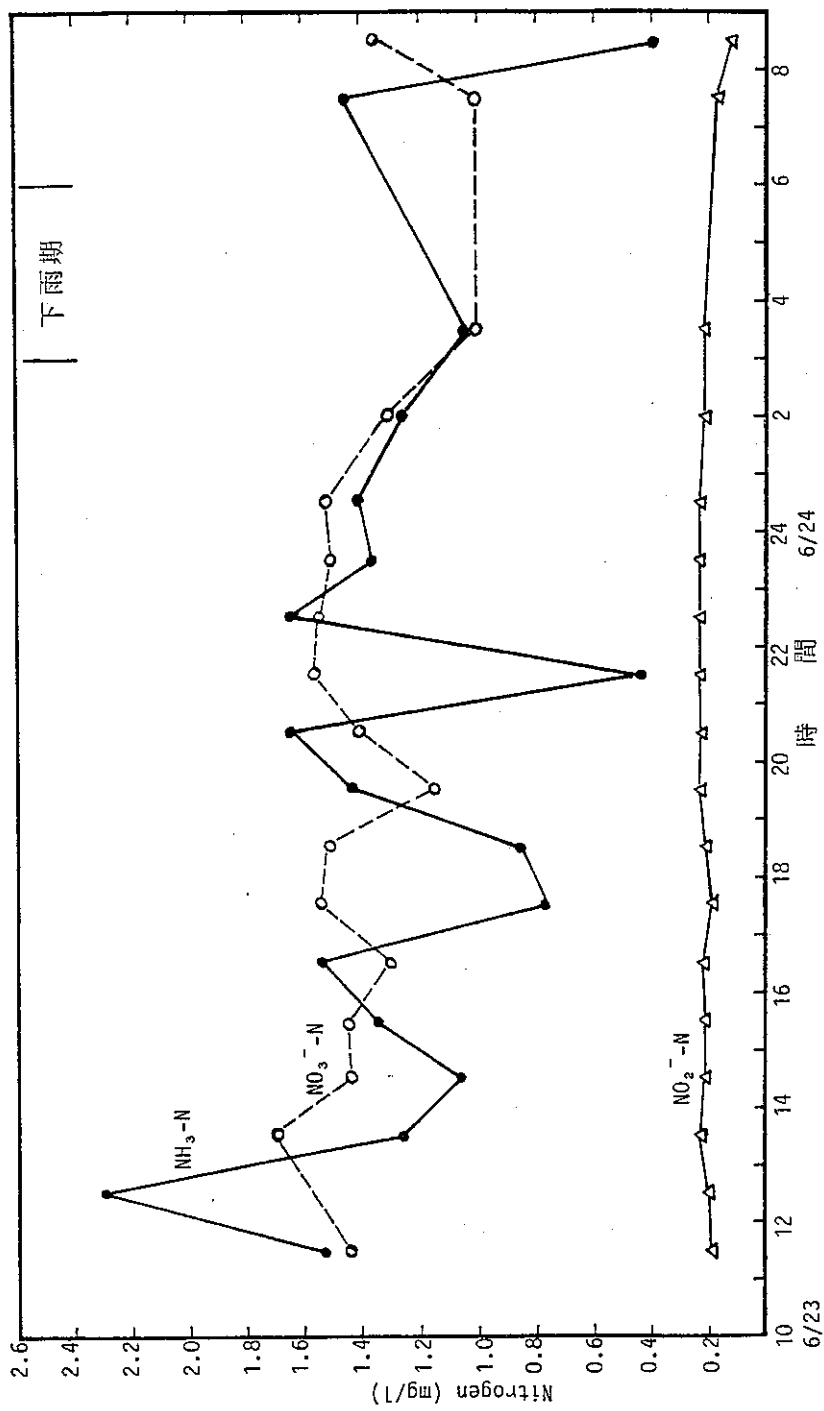


圖 4 - 1 東港溪港西取水站進水水質變化

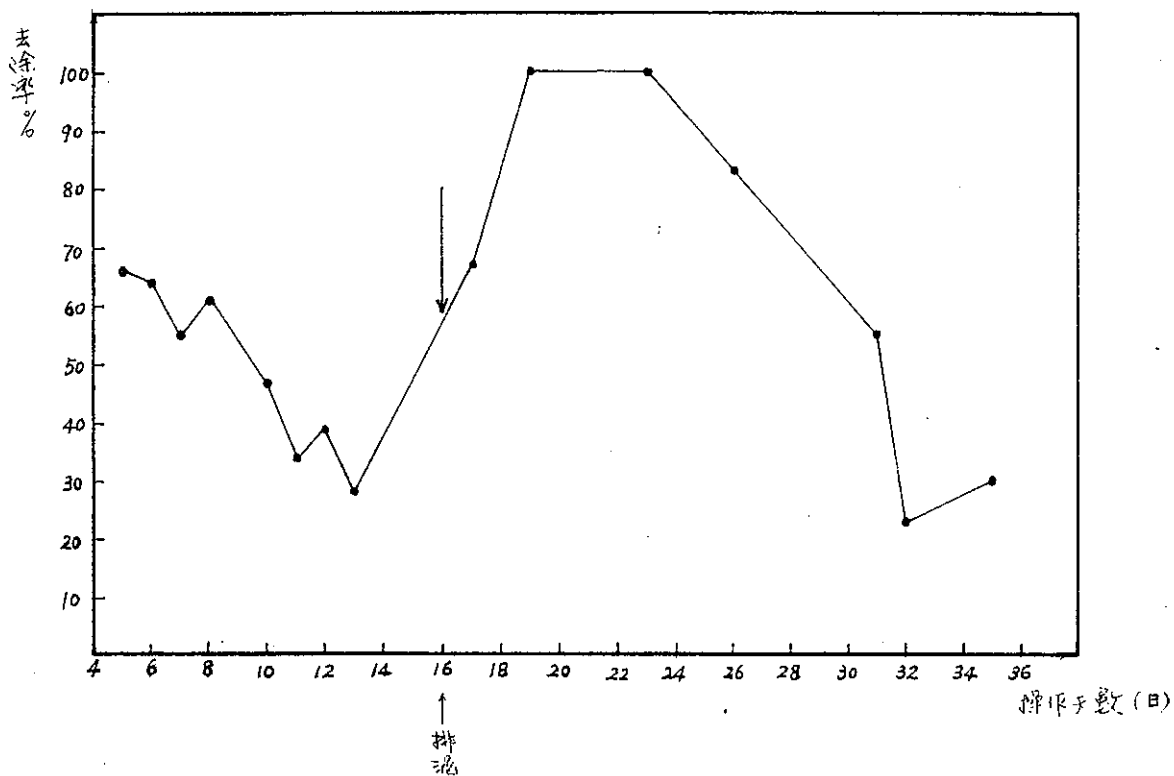


圖4-2: R-1槽 氮氣去除率在操作天数之關係

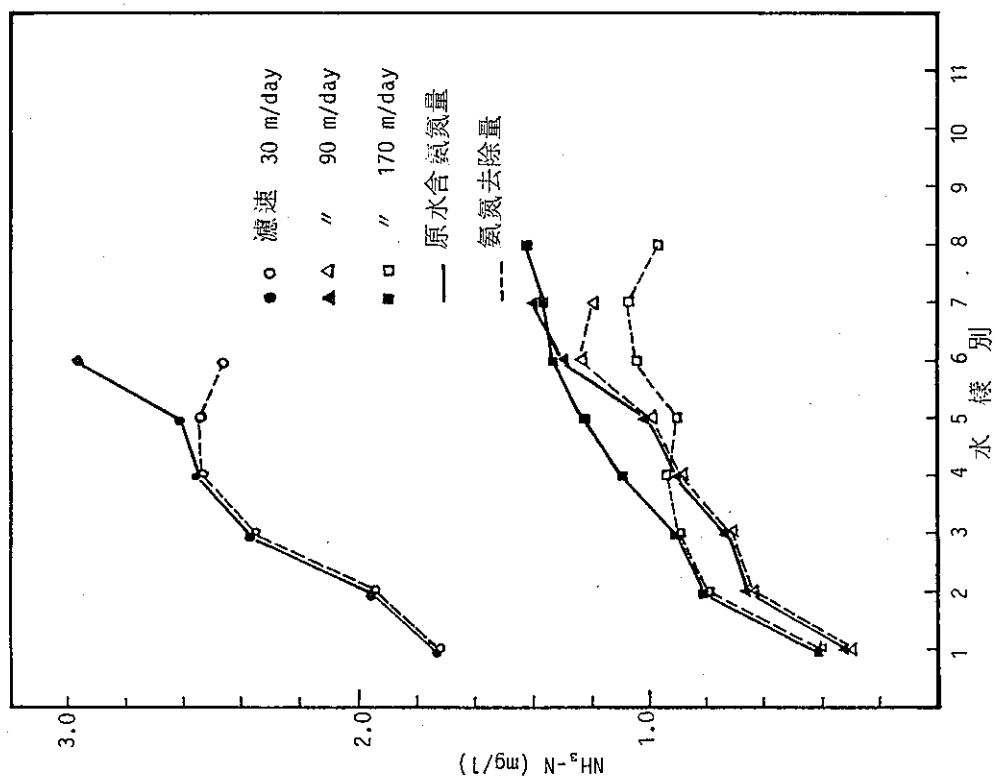


圖4-3 R-2槽原水氮氣濃度與去除量之關係

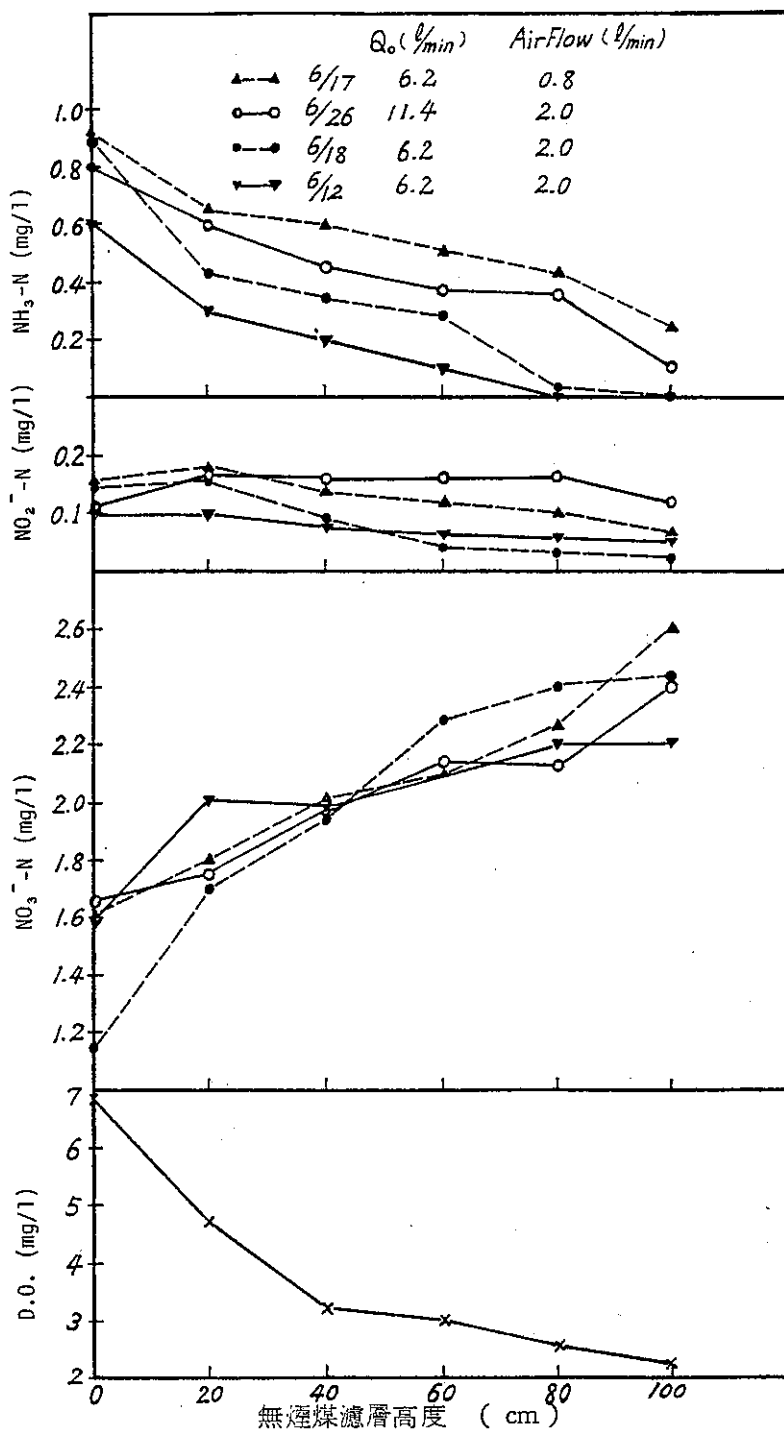


圖 4 - 4 R - 2 槽向上流縱斷面水質變化