

## 快濾池操作最佳化的探討

史午康<sup>\*</sup> 張次郎<sup>\*\*</sup> 潘延雄<sup>\*\*\*</sup> 江清蓮<sup>\*\*\*\*</sup>

### 一、前言

近年來國內外飲用水水質標準皆有大幅修正，在日益嚴格的水質要求下，傳統淨水場面臨的最大衝擊，當屬「濁度」及「殘留鋁」的問題。

鑑於國內淨水場經常在超負荷情況下運轉，當原水濁度驟然變化，或加藥作業稍有疏失，皆會導致混凝沈澱效果不佳，而造成過濾池更加超負荷，致出水水質欠佳。然而國內淨水場對快濾池過濾水水質之監測，普遍未能顧及，致快濾池之濾程控制，大都以固定時間，或最大允許水頭損失／最大允許濾程方式執行。

在快濾池的操作與水質訊息脫節的情況下，不僅暴雨高濁度時，勢必因僵化的操作方式，而錯失以縮短濾程來挽救水質的契機；更甚者，快濾池合理的操作維護漸被忽略，而易導致快濾池缺陷，影響出水品質，且往往是惡性循環每下愈況。

鋁出現在新的飲用水水質標準項目中，並非因其毒性問題（雖然有鋁致腦神經病變（Alzheimer's disease）之說），主要係因其對水的美質的影響。除影響水的味道外，自來水中過量的鋁易導致管線或水池水塔中之沈積物增加，間接影響自來水的微生物品質，且易生成鍋垢。因此，以硫酸鋁為混凝劑的淨水場對其自來水中殘留鋁含量的控制須特別注意。通常良好的混凝與過濾處理下，自來水中殘留鋁不致過量，但原水高濁度或混凝過濾效果不佳時，則有過量之虞。

本研究係藉由對三個淨水場快濾池的操作，過濾行為及濾層結構的異同間作比較探討，以建立快濾池功能的量化評估方法，濾程的合理控制方式，濾池的合理操作維護及檢查方法，及快濾對殘留鋁的影響等，俾快濾池得以發揮最佳功能，而確保出水品質。

### 二、研究架構與分工

#### 2.1 研究對象、研究成員與分工

本研究係為探討淨水場快濾池操作實務，需淨水場及水質人員之廣泛參與方能落實，乃向各場股公開徵求，徵得長興場、公館場及雙溪場之參與，並以本處水質監控小組同仁為基本成員。

研究人員分工如下表：

工作項目：人員	
1.總策劃及撰稿：	史午康。
2.現場操作及濾料採樣分析工作計畫：	張次郎。
3.淨水場偵測器配置及殘留鋁設計實驗：	江清蓮。
4.水質及快濾池操作數據彙整：	潘延雄、張聖德（長興場）；江清蓮、張峻銘（公館場）

\* 台北自來水事業處 生產科 正工程司

\*\* 台北自來水事業處 生產科 長興場場長

\*\*\* 台北自來水事業處 生產科 水質監控小組組長(副工程司)

\*\*\*\* 台北自來水事業處 生產科 水質監控小組工程員

；羅吉雄（雙溪場）。

5.快濾池反沖洗觀察記錄：張次郎、周峯雄（長興場）；黃合壽、翁潮欽（公館場）；徐清正（雙溪場）。

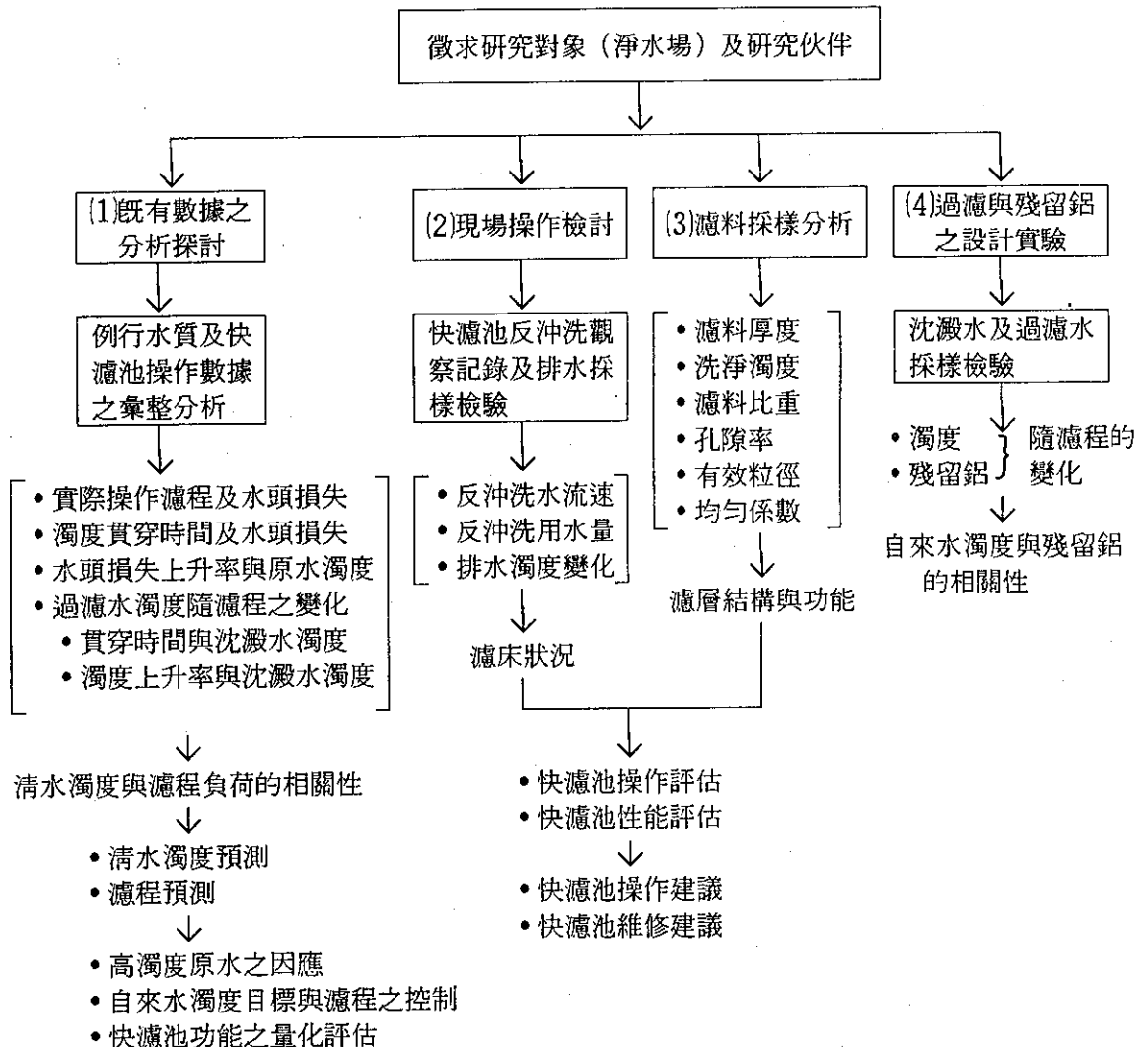
6.反沖洗排水採樣檢驗：潘延雄、張峻銘、施建福、許琦、孫進良、羅裕國、張聖德（長興場）；江清蓮、邱垂興、張進發（公館場）；羅吉雄、江清蓮（雙溪場）。

7.濾料採樣分析（\*數據整理）：張次郎\*、潘延雄、林春雄、王金連、吳八郎、許登發、邱志任、蘇俊雄、李雲迎、廖德明（長興場）；黃合壽、楊龍科、陳台生、楊清熙、孫紘一、邱垂興\*、張進發、翁潮欽（公館場）。

8.殘留鋁檢驗：劉玉絹。

9.數據之電腦分析作圖：施建福、張聖德。

## 2.2 研究架構



## 三 淨水場水質與水處理概述

### 3.1 原水水質

參與本研究之三個淨水場中，長興場與公館場係取用新店溪青潭水源之原水，雙溪場之原水取自雙溪及菁寮溪。

新店溪水源於颱風暴雨季節，上游支流東札孔溪之上濁水山附近有一處地層不穩，經常發生坍方，致暴雨高濁度往往持續十餘天，嚴重時甚至歷時月餘。暴雨高濁度通常發生於 8~11 月，而春夏之交的梅雨季節，一般而言，原水日平均濁度鮮少超過 100 NTU，但近一、兩年來，由於產業道路的闢建，及取水口附近的開山整地等有礙水土保持的開發行為較為頻繁，每逢大雨原水濁度即上升情況，已漸成慣例。新店溪水源之原水濁度，鹼度及水溫之季節性分佈情形，如圖 3-1(A)、(B)、(C)。由圖可知每逢大雨原水濁度上升後，鹼度即降低，而造成水處理較困難之情況。本研究進行期間，79 年 8 月中旬起陸續有五個颱風來襲，持續高濁度近三個月。

雙溪水源上游濫墾，濫建及濫倒廢土等有礙水土保持之違規行為頻繁，致每逢暴雨原水濁度即驟增，又因集水區小，河川短促，雨後濁度迅即回降，原水鹼度亦隨之起伏，波動頻率及幅度均大於新店溪水源，如圖 3-2 所示。

### 3.2 水處理情形

長興場由於沈澱池污泥定期量測，適時清理，且以水躍池，迴流池作快混，混凝沈澱條件佳，通常沈澱水濁度控制在 3 度以下，暴雨高濁度時亦大都控制在 10 度以下，清水大都在 0.5 度以下；但 79 年 8 月起颱風暴雨連續來襲，高濁度持續 3 個月，沈澱池及過濾池長期超負荷下，清水濁度達 2、3 度（詳圖 3.3）。

圖 3.4 顯示公館場 78 年之處理效果較佳；但 79 年暴雨高濁度持續 3 個月，或由於沈澱池污泥影響傾斜板功能，或因加藥管線發生堵塞，而影響水處理效果，沈澱及過濾因持續超負荷，而功能銳減，清水濁度常超過 3、4 度。由 79 年年底清水濁度仍居高不下，可知其沈澱池與過濾池已嚴重受損。

圖 3.5 顯示雙溪場每逢原水濁度驟增，沈澱水濁度往往高達 10 度以上，清水濁度偶有達 3、4 度的情形，平時大都 1 度以下。

## 四 研究方法

### 4.1 既有數據之分析探討

將長興場及公館場之數據，以 Lotus 1-2-3 軟體程式作統計分析，資料來源及處理流程如下：

### A.原始資料蒐集彙整

(1)水質數據：取自電腦連續監測數據及掃瞄圖。

- 原水濁度、溫度及鹼度
- 沈澱水濁度及清水濁度
- \* 過濾水起始濁度 (I)、最終濁度 (F)、及貫穿時間 (Tb)

(\* 係配合濾程由濾水濁度掃瞄圖上找出 I、F、及Tb，如圖 4.1所示。長興場係以每段時期輪測二池方式，蒐集第 1~ 8號濾池濁度資料。公館場係蒐集第 2 號濾池的濁度資料。)

(2)快濾池操作數據：取自「快濾池操作日誌」，及水頭損失連續記錄圖。

- 濾程 (Tf) 及平均濾程。
  - 起始水頭損失 (Hs)、最終水頭損失 (Hf)、及貫穿時之水頭損失 (Hb)
- (註：係配合濾程，及由前(1)項濁度貫穿時間而找出 Hs、Hf及Hb)。

### B.資料電腦建檔與運算

檔案名稱：長興廠 FCOMBINE (資料期間78.12~79.12)

TBS (將FCOMBINE濁度貫穿案例選出組成)

公館場 FILTERN2 (資料期間：79. 7~80. 4)

### C.資料統計分析與作圖

- (1)頻度分析及bar-chart圖。
- (2)資料項間的 X-Y相關圖，及迴歸分析。
- (3)以原水濁度範圍作區分的統計及作圖。
- (4)以沈澱水濁度範圍作區分的統計及作圖。

### D.資料的分析與探討

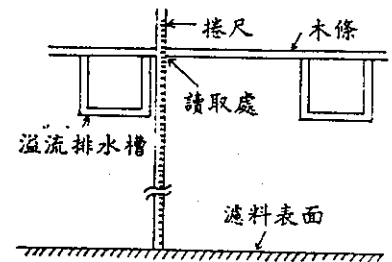


圖4.2

## 4.2 濾料厚度量測

(1)準備木條 (約 160cm × 4cm × 1cm) 壹支及3m捲尺壹只。

(2)將欲量測之過濾池，以重力滲透方式，緩慢地將池水放至濾料表面下 (以不見殘水為原則)。

(3)量測員下水池，站在溢流排水槽內，將木條橫跨在兩溢流排水槽上，捲尺下端輕觸濾料表面，上端靠近木條，讀取捲尺與木條下緣交處之值 (如圖 4.2所示)，所得之數據記在圖 4.3所示量測點位置。

(4)因過濾池之左右側濾料厚度可能不一，故計算濾料厚度時需將左右側分開： $A - (X_1 + X_2 + \dots + X_6) \div 6 = B$ ，B即為濾料厚度平均值 (A為濾池濾床至溢流排水槽頂面之高度)。

#### 4.3 反沖洗操作記錄及排水採樣檢驗

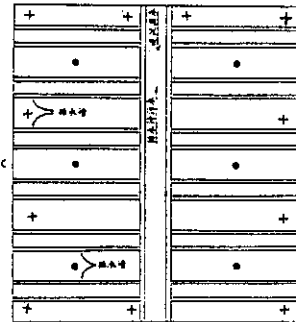
對濾程結束之各快濾池作反沖洗操作觀察記錄，每隔半分鐘作排水採樣，檢驗排水濁度及懸浮固體物含量(SS) (檢驗方法詳標準水質檢驗法(Standard Method)第16版)。

#### 4.4 濾料採樣與分析

(1)採樣點：如圖4.3所示。

(2)採樣工具：

- ①鐵管 1½" 長100cm壹支 (於距底端40cm處作記號)
- ②PVC 塑膠管¾" 長160cm壹支。
- ③鐵錘壹支。
- ④木槌壹支。
- ⑤圓鋤壹支。
- ⑥鏟刀壹支。
- ⑦抹布壹塊、
- ⑧大塑膠袋數個。



• 採樣點 + 量測點  
圖4.3 快濾池濾料厚度量測點及採樣點示意圖

(3)採樣步驟：

- ①將過濾池之水放乾 (註：反沖洗前後分別作採樣)。
- ②將鐵管垂直置濾料上，上端以木槌輕擊，使沒入濾料中達40cm標線處止。
- ③挖開鐵管四周之濾料，至鐵管下端起，將鐵管下端搗住，提起鐵管，交池上人員。
- ④將鐵管外附著之濾料拭淨。
- ⑤將 PVC管一端頂牆，另一端裹上抹布後，插入鐵管無濾料之一端。
- ⑥以鐵錘輕擊鐵管口，並旋轉鐵管，將濾料頂出，分成4等份，分別裝入標示 0~10cm、10~20cm、20~30cm、及30~40cm (表濾料深度) 之塑膠袋內。
- ⑦將鐵管再置於原採樣點上，以木槌輕擊使沒入濾料中，達40cm標線處止，(即使未達80 cm處，若鐵管已無下沉趨勢，表示下端已達濾石層，須立刻停止敲擊)。
- ⑧同③~⑥將頂出濾料分裝於標有40~50cm、50~60cm、60~70cm、70~80cm之塑膠袋內。
- ⑨同法續作另5點採樣，依序分置於前述各層濾料之塑膠袋內混合之。

(4)濾料分析

取風乾樣品作①洗淨濁度②比重③孔隙率及④篩分析，方法係參照謝啓男所著：「濾池濾料規格及其試驗方法之研究」。

#### 4.5 殘留鋁設計實驗

(1)實驗期間：80. 6.23 10:00~80.6.24 6:00

(2)實驗條件：①原水濁度150~250 NTU，②原水鹼度 22ppm，

③加藥量：(A)長興場：PAC (10%) 40PPM, NaOH(45%)10ppm；

(B)公館場 (南側)：ALUM(8%) 80~100ppm, NaOH(45%)28~35ppm

(C)公館場 (北側)：PAC 50~60ppm, NaOH(45%)10~15ppm，

④混凝水pH 6.8±0.1。

(3)採樣：配合過濾池之濾程取沈澱水及過濾水水樣。

(4)檢驗：①殘留鋁以原子吸光分光儀(AA)石墨法檢驗。

②濁度以HACH 18900型濁度計檢驗。

## 五 結果與討論

### 5.1 濾程控制現況評析

由圖5.1.1可知長興場濾程大都(~90%)介於30~50小時，偶有短至~20小時，或長達60小時之情形。由圖5.1.2可知在各沈澱水濁度下之操作濾程差異極大，且高濁度時有應實際需要將濾程酌予縮短情形。而公館場之濾程幾乎固定在24小時，雙溪場之濾程控制情形亦類似(無記錄可查考)。此種固定濾程式的操作，操作者完全不作任何判斷。因此水頭損失計大都荒廢不用，疏於維護，且操作記錄亦益趨簡略。

長興場的數據顯示232/402(i.e. 57.7%)的案例曾發生濁度貫穿(break through)，其貫穿時間( $T_b$ )分佈情形如圖5.1.3。最差的情形是一開始過濾即發生濁度貫穿，發生於5小時以內者將近10%。由圖5.1.4可知貫穿時之水頭損失皆在2m以下。且半數以上的濁度貫穿係發生於水頭損失1m以下，可見單以水頭損失來控制濾程實非理想。由圖5.1.5及圖5.1.6可知愈是在原水高濁度的情況下，愈早發生濁度貫穿，貫穿時之水頭損失亦愈低；由圖5.1.7及5.1.8可知在原水濁度愈高的情形下，水頭損失上升率愈低，且濁度貫穿後濾水濁度惡化情況將愈為嚴重，因此愈是原水高濁度或水處理有困難的情況下，快濾池操作之靈活應變愈顯重要，此時若以水頭損失來控制濾程將愈是離譜，而過濾水濁度的監測益形重要。

### 5.2 過濾水起始濁度與最終濁度

由圖5.2.1可知長興場濾水起始濁度幾乎皆趨近於ONTU(~82.1%)，>0.5NTU者，將近15%，只有1個案例>1NTU但仍 $\leq$ 2NTU。由該圖(B)可發現公館場過濾水之起始濁度趨近0.2NTU(~60%)，趨近ONTU之比例相當低，僅~12%，所幸~90%仍 $\leq$ 0.2NTU。

由圖5.2.2及圖5.2.3可知過濾水起始濁度隨原水或沈澱水濁度之增加而有增高情形，沈澱水>30NTU時，濾水起始濁度最小值即達0.8NTU，顯示高濁度時期濾床較不易洗淨，或混凝效果不佳，較易發生濁度貫穿現象。

圖5.2.4顯示長興場近半數之過濾水最終濁度皆 $\leq$ 0.5NTU，絕大部分(~82%)皆 $\leq$ 2NTU，但>4NTU者亦佔~5%。公館場過濾水最終濁度 $\leq$ 0.5NTU者亦近 $\frac{1}{2}$ ，但>5NTU者超過20%，考量其濾程平均僅24小時(長興場平均38小時)，顯示其過濾池功能之惡化情況已不容忽視。與濾水起始濁度之趨勢相同，由圖5.2.5可知濾水最終濁度亦隨沈澱水濁度上升而增高。

### 5.3 濾水濁度貫穿與濾程之控制

#### 5.3.1 清水濁度與濾程的關係(清水濁度預測及濾程預測)

在正常過濾情況下，過濾水濁度在發生濾池之濁度貫穿前，均成接近ONTU之直線，開始發生貫穿後，濁度即逐漸上升，濁度貫穿發生的時間及濾水濁度之上升率視濾床結構、濾料厚度、混凝狀況(膠羽性質)、濾速、及沈澱水濁度等而不同。對同一濾池而言，沈澱水之水質為關鍵因素。

由圖5.3.1可知隨沈澱水濁度增高，濁度貫穿時間明顯下降，其時之水頭損失如圖5.3.2。由圖5.3.3可知貫穿後濁度之增加率亦隨沈澱水濁度增高而增大。在沈澱水>10NTU時平均增加率約0.2~0.3NTU/小時(公館場由圖5.3.4可知平均約0.2~0.3NTU/小時，但沈澱水>20NTU時則為0.4NTU/小時)，但亦有高達~1NTU/小時之情形。

因此混凝沈澱效果不佳時，濾水濁度之密切監測，濾池的及時反沖洗至為重要。

圖 5.3.5顯示濁度貫穿案例之清水濁度，隨沈澱水濁度之增高而上升。圖 5.3.6顯示濁度貫穿案例之清水濁度與濁度負荷（沈澱水濁度×濾程）呈相當良好的直線相關性，關係式為

$$\text{清水濁度 (NTU)} = 0.35 + \text{沈澱水濁度 (NTU)} \times \text{濾程 (小時)} \times 0.0034 \quad (\text{A})$$

可用於高濁度期間合理控制濾程之參考。另以原始案例作相關分析如圖 5.3.7顯示相關之可信度達70%以上。

對公館場之數據作同樣統計分析，得圖 5.3.8，相關性亦佳，關係式為

$$\text{清水濁度} = 0.24 + \text{沈澱水濁度 (NTU)} \times \text{濾程 (小時)} \times 0.0077 \quad (\text{B})$$

清水濁度預測：應用(A)(B)二式推算沈澱水濁度 10NTU時，若濾程同樣為24小時，長興場與公館場之清水濁度分別如下：

長興場 清水濁度 =  $0.35 + 10 \times 24 \times 0.0034 = 1.2\text{NTU}$

公館場 清水濁度 =  $0.24 + 10 \times 24 \times 0.0077 = 2.1\text{NTU}$

濾程預測：同樣為沈澱水濁度 10NTU，欲控制清水濁度在1NTU以下時，則長興與公館場之濾程分別如下：

長興場 濾程 =  $\frac{1 - 0.35}{10 \times 0.0034} = 19\text{小時}$

公館場 濾程 =  $\frac{1 - 0.24}{10 \times 0.0077} = 9.6\text{小時}$

由此可知，當混凝沈澱效果相同時，在該二場目前之操作濾速下，欲得相同清水水質，二者之濾程幾乎正好差 1倍。

### 5.3.2 淨水場間過濾功能之量化評估

由於濁度負荷與濾速成正比，即(A)，(B)二式中其實隱含了該二場之濾速（即設定濾速為固定：長興場為346m/日，公館場為275m/日）。此與目前淨水場運轉幾乎皆在最大濾速下全力出水而無甚更動之事實相符。在同樣出水品質要求下，二場之過濾功能比較如下（仍以前例為之）：

過濾段落 (i.e. filter cycle) = 濾程 × 濾速

$$\frac{\text{長興場過濾功能}}{\text{公館場過濾功能}} = \frac{\text{長興場過濾段落}}{\text{公館場過濾段落}} = \frac{19 \times 346}{9.6 \times 275} = 2.5$$

由此可知，長興場之過濾功能為公館場之 2.5倍

由此可知，唯有對淨水場在各種水質情況下之數據廣泛蒐集、統計，獲得如(A)，(B)之相關式，方有可能對淨水場間作客觀的量化評估。

同理，若要對淨水場之淨水改善措施作功能改進之量化評估，亦可將改善前後之數據作同樣處理得關係式後，比較之。

### 5.3.3 高濁度原水之因應

以往常有淨水場之設計容量 (design capacity) 到底是以原水濁度多少來設計的，到底能處理水的濁度到多少度……的爭議和疑問。由前述清水濁度與濁度負荷 (i.e. 沈澱水濁度 × 濾程 × 濾速) 之關係式可知，高濁度時之水處理控制，其實也是可以量化

預估的，尤其在混凝沈澱能掌握的情況下，快濾池之操作可以濾程或濾速配合調整來控制清水濁度。因此，清水濁度目標之設定其實是關鍵所在。若以沈澱水40 NTU為例，清水濁度目標為4NTU時，長興場與公館場之濾程如下：

$$\text{長興場濾程} = \frac{4-0.35}{40 \times 0.0034} = 26.8 \text{小時 (相對於清水1NTU時, 濾程須為4.8小時)}$$

$$\text{公館場濾程} = \frac{4-0.24}{40 \times 0.0077} = 12.2 \text{小時 (相對於清水1NTU時, 濾程須為2.5小時)}$$

由此可知水質標準若訂自來水濁度為1NTU，對淨水場來說高濁度水之因應確是一大挑戰，混凝沈澱稍有失控，濾程即倍減，屆時反沖洗水的消耗與供應，即是主要的考量，必要時唯有以酌減濾速因應。值得注意的是濾速（處理容量）之減少，同樣是隨沈澱水濁度之倍增而倍減（i.e.沈澱水濁度增加1倍時，濾程須縮短一半，或是處理水量一濾速須減半）。

#### 5.4 濾料厚度與反沖洗用水量

各淨水場濾層設計皆為雙濾料：無煙煤25公分，濾砂50公分（僅公館場為51公分）。而各場濾料厚度實際量測結果如圖 5.4.1。顯示各濾池間已出現差異。濾料厚度顯然不足或左右兩側濾料厚度相差過於懸殊者，顯示濾床結構已發生嚴重缺損，須立即採取修補措施。

長興場每年皆採購35m<sup>3</sup>無煙煤作濾料之填補。由歷年（72~79年）濾料厚度與無煙煤補充量，估計濾料之流失率約20公分/年。近年來或因停止表面洗砂作業（由於表面洗砂水管為濾料堵塞），濾料流失情況或有稍緩，致各濾池濾料在年年持續補充下，普遍略高於原設計厚度。

公館場去（79）年未作無煙煤補充，而濾料厚度普遍不足對濾池之深層過濾功能影響至巨。其濾池左右兩側濾料厚度不均之情況相當普遍，顯示其濾床結構問題已不容忽視。將圖 5.4.1~ 5.4.5對照可知，相對於長興場反沖洗排水最終濁度大都低於2度，公館場在加倍的反沖洗用水量下，排水最終濁度仍居高不下，顯示其濾池左右兩側分水不均，不僅使局部反洗速率過大，濾床受損，濾料流失；亦導致另側反洗速率不足，洗不淨，而左右側差異愈大的惡性循環現象。

由圖 5.4.1~ 5.4.5可知濾料厚度量測，反沖洗用水量及洗淨效果，對濾床故障之診斷甚為實用，且簡單易行，可謂投資報酬率最高之濾池體檢（健康檢查）方法，淨水場應定期實施，俾及時發掘問題而設法匡正缺失，以維濾池功能。

#### 5.5 反沖洗率與排水濁度

##### 長興場

長興場16池之反沖洗率變化如圖 5.5.1顯示其11、14、15池最高反沖洗率略低於55cm/min，其餘各池皆約60cm/min，符合雙濾料池反洗率~60cm/min要求。

各池大都於2分鐘時達最大反洗率，2、9、12、15、16各池近4分到達最大流速，而第10號池，或由於反洗水控制閥之機械問題、遲滯3.5分鐘後，才開始有明顯反沖洗流速，致延後到6分鐘才達最大流速。顯示各池間有操作或機械之差異性。

反沖洗排水濁度之變化如圖 5.5.2排水濁度愈早達最高點，且迅速洗淨（濁度陡降）者顯示濾池均勻反洗，無分水不均及濾料間結泥球或水流短路等故障情形。圖中顯示最差者為15號池、雖於最高反沖洗流速沖洗，歷時長達~5分鐘（其餘池皆2~3分鐘），反

洗末期排水濁度仍~10NTU，其餘各池皆達5NTU以下，甚至~2NTU以下。此與前 5.4節所述15號池左右側濾料厚度差異最大，明顯有濾池缺陷之結果相一致。

10號池排水濁度上升緩慢，下降亦緩慢，易誤作濾床有缺陷致清洗效果不佳，實乃前述反沖洗流速延遲開始所致，且其排水濁度在反沖洗流速開始後 4分鐘、已達2NTU，顯示洗淨效果良好。可見在利用反洗排水之濁度變化作濾床的診斷時，須與反洗率變化相對照，方不致作誤判。

### 公館場

由圖 5.5.3可知公館場反沖洗率皆直線上升達最大流速，然後隨反沖洗用水之水池水位下降而略減、洗畢流速之下降亦呈較陡直趨勢，除第 7及第14池最大速達65cm/分鐘，餘皆~70cm/分鐘。

相對於反沖洗率均於 1分鐘即達最大流速、圖 5.5.4顯示反沖洗排水大多略遲於 2分鐘後才達濁度最高峯（長興場雖於 2~4分才達最高反沖洗率，但排水濁度最高峯大都出現在略早於 2分鐘）且清洗 8~10分鐘後濁度仍大都超過 10NTU，尤其 1、4、7、9及12池洗淨效果極不理想，與一般快濾池理論上 4~6分鐘內完成洗淨之要求相差太遠。其快濾池反洗時普遍呈現不均，左右側洗淨時間亦差異過大，致常有一側尚未洗淨即結束反沖洗情事，則濾料間生成泥球等現象將每況愈下，形成惡性循環。

對照於 5.4節該場濾料普遍流失嚴重，推斷係由於反沖洗率瞬間即達最高值，加之分水不均，難免有局部噴流，或半側流速過大之情況而致濾料流失。因此當濾池左右兩側已有分水不均情況時，"全或無"式的反沖洗率控制，將使濾床惡化情況加速。公館場反沖洗率的控制方式（操作及設備上）實亟待研究改進。

### 雙溪場

雙溪場係由濾水集水渠之水位決定反洗流速的自洗式快濾池，亦屬"全或無"式流速控制。由圖 5.5.5可知反洗流速約47~52cm/分鐘，略嫌不足。其反沖洗排水濁度變化趨勢與反洗流速大小一致。2及 3號池流速較低，反洗效果即最差。其反沖洗流速較理論要求 $\geq 60$ cm/分鐘為低，值得探討。

## 5.6 反沖洗排水之懸浮固體物 (SS) 含量與濁度之關係

將公館場及長興場各選 2池之反沖洗排水作濁度與懸浮固體物 (SS) 檢驗，得迴歸分析圖 5.6，可知在濁度100NTU以上，濁度與SS相關性良好。由於SS檢驗相當費時費事，今後對反沖洗排水SS之掌握可以濁度替代，俾可作經常性更高頻率之檢測。

## 5.7 濾料分析

### 濾料分佈與洗淨濁度

#### 長興場

由圖 5.7.1可知 7號池無煙煤與濾砂之混合層大致分佈於20~40公分之間，10號池之混合層大致分佈於30-50公分之間。

圖 5.7.2顯示濾料洗淨濁度之變化趨勢與混合層之分佈情形相符，7號池反沖洗前濁度貫穿達砂層，但濁度之分佈情形，以無煙煤層最多，混合層漸減，達砂層時（40公分起）銳減，斜率變化情形與濾料分部情形一致。而反沖洗後之濁度分佈亦呈相同趨勢砂層幾乎完全洗淨。無煙煤因孔隙率較大，吸附濁質之容量大，在無表面洗砂之情況下，反沖洗後，殘餘濁度仍高。

10號池洗淨濁度之分佈顯示濁度大都攔阻於混合層以上，且在砂層上方有表面過濾致

濁度大量攔阻之情形，尙未明顯發生貫穿，其反沖洗後洗淨效果較佳，濁度幾乎僅殘留無煙煤層中。

#### 公館場

圖 5.7.3顯示公館場濾料之混合層主要在表層20公分，且在濾料之各層中亦多少有混合 (>10%)，與長興場之上下層幾乎爲純無煙煤及濾砂之情形殊異。此與圖 5.4.1(B)所示，公館場快濾池濾料厚度已不足情形相符。

圖 5.7.4顯示無論 2號或 3號池皆有濁度在濾層最下方集中，且反沖洗無法清除之情形，顯示砂層下方似有泥球生成，3號池之情況尤其嚴重。顯示其濾床有大規模翻修清理之需。

#### 有效粒徑

圖 5.7.5有效粒徑之分佈顯示無煙煤粒徑較小者分佈於表層，粒徑大小之分佈與無煙煤及濾砂之實際分佈及混合層之分佈情況大致相符。公館場 2號池之粒徑分佈顯示無煙煤僅在表層10公分與濾料厚度量測結果一致。3號池則有無煙煤20公分。

#### 均勻係數

圖 5.7.6均勻係數之分佈亦證實前述長興場 7號池與10號池之混合層分別在20~40公分及30~50公分。公館場 2號池與 3號池混合層主要在10~20公分及20~30公分，但值得注意的是在濾料下層皆有均勻係數再升高 (i.e. 濾砂不純) 之情形，與長興場下層爲均勻砂層之情況殊異，此結果又與前述濾料成份分佈顯示其濾料層自上到下皆多少有混合跡象，且下層似有泥球生成之推論吻合。

#### 孔隙率

圖 5.7.7顯示公館場無煙煤最上層之孔隙率~42%較理論值50~56%爲低，或爲長期未啓用表面洗砂，濾料表面爲磨損之較細無煙煤摻雜所吸附之泥土雜質所致。砂層部分之孔隙率符合理論值35~45%。

### 5.8 過濾與殘留鋁

圖 5.8.1顯示沈澱水及過濾水之鋁含量隨濾程之變化情形。過濾大致可去除沈澱水中 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 之殘留鋁。在沈澱水之殘留鋁量較低時，去除率則降低。

圖 5.8.2顯示實驗期間長興場濾水濁度穩定接近0NTU，殘留鋁約0.1ppm。公館場快濾池發生濁度貫穿，殘留鋁與濁度變化趨勢相同，隨濾程而增加；在濾程終止前已接近水質標準限值0.2ppm。

由圖 5.8.3可知沈澱水濁度與殘留鋁的相關性佳，其相關式爲

$$[Al](\text{ppm})=0.0162 \times \text{沈澱水濁度 (NTU)} + 0.14$$

圖 5.8.4顯示過濾水及清水濁度與殘留鋁亦呈正相關，相關式爲

$$[Al](\text{ppm})=0.036 \times \text{過濾水 (或清水) 濁度 (NTU)} + 0.1$$

顯示若有效控制自來水之濁度，則殘留鋁亦可受到控制；但自來水之殘留鋁若要低於 0.1 ppm 似乎相當困難。由該圖之數據顯示清水濁度若大於3NTU，則殘留鋁即可能超過水質標準。

本實驗進行倉促，所獲結論或僅適用於該時段之水處理情況，今後應設法在各種水處理情況下，廣泛蒐集數據，以確實掌握影響自來水殘留鋁之各項水處理因素，而對自來水中殘留鋁作有效控制。

## 六 結論與建議

1. 固定濾程式的反沖洗操作，對原水變化幅度大的淨水場言，往往未能發揮淨水能力，浪費反沖洗水量或能量；高濁度時，未能配合實際濾程需要而超負荷運轉，影響出水晶質；且對濾床內生成泥球等障礙情況有促發作用。由於係固定濾程操作，從不需參考水頭損失或濾水實際情況，久之，操作者將忽視水頭損失計之維校，對操作記錄亦將日趨簡略，終至最基本的資料，如：反沖洗時間及水頭損失等，均將闕如，或徒具形式。至於反沖洗操作時須作的池面觀察等，於例行操作中即應及早發覺之濾床障礙，亦將被忽略，而未予及時修補；反沖洗時之操作步驟細節一為維護濾床之健全狀況者，如：開始反沖時逐漸增加反洗流速；洗畢開始過濾時，逐漸增加濾速等，亦將遭忽略，則導致反洗水初始流速過大，濾層之支持濾石層擾動，濾料漏失；局部噴流，無煙煤流失；水流不均，局部反洗不淨，逐漸形成泥球；泥球一旦形成，則水流愈加不均，反洗愈不易洗淨，泥球愈長愈大，而惡化出水水質。而無煙煤之流失，使濾層之深層過濾攔阻濁質之功能銳減，濁質易直接穿透達砂層，甚至達濾石層，亦促成泥球之發生與長大，使濾水品質惡化。因此快濾池之操作方式，影響操作者對工作重要性及其角色之認知，而且二者互為因果，往往會造成惡性循環，每況愈下，嚴重影響出水晶質。

2. 濾床之障礙可由以下方法研判：

- (1) 反沖洗時濁質沖出之均勻情況；反沖洗排水之濁度變化；及洗淨所需時間及水量。
- (2) 濾層厚度之量測，可反映濾料流失之情形。流失情況過於嚴重者，須作濾床之翻修；及反沖洗流速是否過大，初始反洗流速是否過大之檢討。流失情況符合一般標準 $< \sim 20\text{cm/年}$ 者，每年須作無煙煤之補充，每池之補充量應依實際量測結果而定。補料前後均應作濾料厚度量測。由於濾料厚度量測簡易，淨水場實應每月為之，俾及早發覺濾床之任何障礙。
- (3) 濾層之濾料採樣檢驗，包括比重，均勻係數，有效粒徑，孔隙率及反洗前後各濾層之洗淨濁度等。檢驗結果有助於瞭解過濾時濁度之攔阻及貫穿情形，無煙煤與砂之分佈情形，濾料磨損及混合情形等。濾料分析結果與過濾行為和功能對照，則更有助於掌握操作維護對濾層造成之影響，及其對過濾功能之影響。
- (4) 快濾池起始水頭損失過大或過小。
- (5) 過濾水起始濁度過高及濾水濁度波動幅度過大。

3. 快濾池之過濾功能，可由以下數據研判：

- (1) 過濾水質之變化，包括濾水起始濁度、濁度上升率及最終濁度等，及濁度之變化趨勢是否規則。
- (2) 濁度發生貫穿的時間：快濾池隨沈澱水情況而有合理的貫穿時間，過早發生貫穿，若非混凝不理想，則必為濾層發生障礙。
- (3) 濾池對濁度波峯之緩衝能力：健全之濾床，對短暫的原水（沈澱水）濁度波峯有相當的緩衝能力，濾水濁度變化不大。若原水濁度稍有增高，濾水濁度隨即增高，則濾池之功能不佳，濾床待檢修。

4. 由清水濁度與快濾池之濁度負荷（沈澱水濁度 $\times$ 濾程）作迴歸分析所得相關式〔清水濁度 $=a+\text{沈澱水濁度}\times\text{濾程}\times b$ 〕，可用以量化比較淨水場間快濾池之功能。本研究所得，適用於沈澱水濁度較高情況下之關係式：

$$\text{長興場 清水濁度 (NTU)} = 0.35 + \text{沈澱水濁度 (NTU)} \times \text{濾程 (小時)} \times 0.0034 \quad (A)$$

公館場 清水濁度 (NTU) = 0.24 + 沈澱水濁度 (NTU) × 濾程 (小時) × 0.0077 (B)

$$\frac{\text{長興場過濾功能}}{\text{公館場過濾功能}} = \frac{\text{長興場過濾段落} \times \text{濾程 (長)} \times \text{濾速 (長)}}{\text{公館場過濾段落} \times \text{濾程 (公)} \times \text{濾速 (公)}} = 2.5$$

(註：\* 濾程係由(A)，(B)式在某種沈澱水水質欲得相同清水濁度推算得之，詳 5.3.1節)

5. 在某種沈澱水濁度下 (尤其高濁度時期) 清水濁度及濾程之推估，亦可由前 4.之(A)、(B)關係式推算而得 (詳 5.3節)。對高濁度時期濾程之控制，甚具參考價值。
6. 暴雨高濁度原水之因應可藉前 4.之(A)、(B)關係式推算合理之濾程。由此關係式可知沈澱水濁度倍增時，濾程倍減。若淨水場之混凝沈澱效果不佳，沈澱水濁度高，則其濾池之負荷成正比增加；若其過濾池之功能亦較遜，則為達同樣之清水品質，其濾程之控制將是倍數相乘的縮短 (即：若 B 場較 A 場言，沈澱功能為  $\frac{1}{2}$ ，過濾功能亦為  $\frac{1}{2}$ ，則同樣原水濁度情況下，B 場之濾程僅 A 場之  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ )。當濾程之縮短對出水容量及反沖洗用水造成困擾時，應考量酌減處理水量。由於處理水量之減少，相當於增加混凝能量及沈澱時間，有助膠羽強度之增強，過濾效果將增進，因此，處理水量之倍減，對過濾功能言，將不止是倍增，為功能較遜之淨水場在暴雨高濁度時期應考量之對策。
7. 本研究得沈澱水濁度與殘留鋁之相關式：  
[Al](ppm) = 0.0162 × 沈澱水濁度 (NTU) + 0.14  
可知沈澱水濁度之控制與殘留鋁之控制息息相關。  
所得過濾水 (清水) 濁度與殘留鋁的相關式：  
[Al](ppm) = 0.036 × 過濾水 (清水) 濁度 (NTU) + 0.1  
可知若有效控制自來水濁度，則殘留鋁亦可有效受到控制；但自來水之殘留鋁若要低於 0.1ppm 似相當困難，仍有待更進一步的混凝、過濾改進研究。此相關式亦顯示，當清水濁度大於 3NTU 時，殘留鋁即可能超過水質標準限值 0.2ppm。因此，水質標準濁度值的訂定或須與該濁度時之殘留鋁量配合考量，則該相關式之適用性仍應作進一步之研究與確認。
8. 濁度之控制與自來水之微生物方面品質之控制息息相關，為增進自來水水質之穩定性 (包括：細菌再生之控制及殘留鋁的控制等)，快濾池濾程之控制實為重要課題。而最佳之濾程控制，須合理的儀器設備配合。濾水之監測設備，包括粒子計數器或精準之濁度計實為必備裝置。由於各濾池間或有功能之差異，亦需賴濾水監測儀器發掘，並配合偵測值而作各池濾程之最佳調整，因此“各”快濾池過濾水質之監測，實為提昇水質之必備要件。
9. 過濾水水質之變化情形，若能直接回饋快濾池操作人員，有助於操作人員目標意識之增進，對快濾池操作及維護之合理化，有積極的正面效果，因此水質數據的回饋實不容忽視。
10. 快濾池之漏砂情況，待濾料分析結果來發覺，實緩不濟急，今後快濾池之設計建造時，即應於每個快濾池下方設置漏砂捕集器，則濾床之缺陷或操作之失當，皆能及時發覺而予匡正。
11. 濾池之翻修屬大規模工程，在濾池情況已顯然有缺陷而未克作翻修之前，治標之道，可先予補充無煙煤。無煙煤之厚度攸關濾池對濁質作深層攔阻之功能，對過濾功能之良否，影響至深；良好之過濾功能，對混凝劑藥量之節省亦相當可觀；因此維持濾層之合理厚度，必要時即作無煙煤之填補，實為淨水場不可忽視之重要工作。
12. 本研究中之長興及公館淨水場應恢復表面洗砂作業，以助濾料之洗淨。

- 13.詳實之水質及快濾池操作維護記錄，及數據之定期統計分析檢討，為掌握濾池功能及映證濾池操作維護情況之不可或缺資訊，亦為淨水場管理完善之指標。
- 14.快濾池相關預算之編列，除包括每年固定應補充之無煙煤，應作之閘、計維校外，需相當經費之濾床翻修，實應依每年之濾床體檢結果，據實編列執行，以維淨水處理之正常功能，保障出水品質。
- 15.快濾之前處理影響快濾池之負荷及功能至巨，因此快濾前處理，尤其混凝之最佳化研究，應列為最優先考量之後續研究。

## 參考文獻

- 1.陳國洸，" 台北市新店溪快濾水場操作技術及開裂之研究 "，國立台灣大學土木工程學研究所，56年 6月。
- 2.何鎮山，" 反沖水率與濾層膨脹關係之研究 "，國立台灣大學土木工程學研究所，57年 6月。
- 3.水道維持管理指針（上册），台北自來水事業處譯印，68年 3月。
- 4.洪辰鋒，" 利用反濾法處理高濁度原水之研究 "，國立台灣大學環境工程學研究所，73年 6月。
- 5.蟾蜍山淨水場操作維護手冊，台北自來水事業處，74年 6月。
- 6.新店溪淨水場操作維護手冊，台北自來水事業處，74年 6月。
- 7.淨水技術實務，丹保憲仁・小笠原紘一共著，賴耿陽譯，復漢出版社，1986年。
- 8.衛生工程給水（自來水）篇，高肇藩編著，宏榮堂印刷，76年修訂版。
- 9.過濾技術開發之趨勢，洪名梓著，台北自來水事業處，77年10月。
- 10.蔣本基等，" 廢水處理單元一理化 "，事業廢水管理訓練教材，行政院環境保護署，79年 9月。
11. Lotus 1-2-3入門應用與參考手冊，黃仁宏・馬玉鳳編譯，松崗，76年 7月。
- 12.謝啓男，" 濾池濾料規格及其試驗方法之研究 "，中華民國自來水協會技術專題研究會，74年11月。
- 13.水道用濾砂試驗方法，JWWA，1967年。
14. C.R.O'Melia and D.K. Crapps,"Some Chemical Aspects of Rapid Sand Filtration", J.AWWA,56:10:1326-44(1964)。
15. C.R.O'Melia et al.,"Theory of Water Filtration",J.AWWA,56:11:1393-1412(1967)。
16. J.L.Tuepker and C.A. Buescher Jr.,"Operation and Maintenance of Rapid Sand and Mixed-Media Filters in a Lime Softening Plant",J.AWWA,60:12:1377-88(1968)
17. W.Leslie Harris,"HIGH-RATE FILTER EFFICIENCY",J.AWWA,62:8:515-519(1970)。
18. Brian G.Stone,"Design of Ralph D.Bollman Water-Treatment Plant",J.AWWA,64:6:369-376(1972)。
19. R.L.Woodward,E.R.Baumann,J.A. Bornhardt,N.J.Davoust,K.A.Dostal,H.E. Hudson Jr, K.J. Ives,C.R. O'Melia,and K.E. Shull "State of the Art of Water Filtration", J.AWWA,64:10:662-665(1972)。
20. W.Hutchinson and P.D. Foley,"Operational and Experimental Results of Direct Filtration",J.AWWA,66:2:79-87(1974)。
21. Susumu Kawamura,"Design & Operation of High-Rate Filters-Part I",J.AWWA,67:10

- :535(1975) °
22. R.L.Culp, "Direct Filtration", J.AWWA, 69:7:375-378(1977) °
  23. Avner Adin et al., "The Application of Filtration Theory to Pilot-Plant Design", J.AWWA, 71:1:17-27(1979) °
  24. A.K.Singhal et al., "Bench-Scale Tests for In Situ Filter Media Cleaning at Owosso, Mich., Water Treatment Plant", J.AWWA, 71:1:34-37(1979) °
  25. AWWA Seminar Proceedings, "Coagulation and Filtration: Back to the Basics", presented at the AWWA Conference, June 7, 1981 °
  26. C.B. Hagar et al., "Filtration Processes", AWWA 1981 Annual Conference Proceedings, pp. 1205~1213, June, 1981 °
  27. H.Gros & J.C. Ginocchio et al., "Filtration in drinking water and waste Water treatment", IWSA Annual Conference Report, Special Subject 9 (1982 September) °
  28. Naeem Qureshi, "The effect of backwashing rate on filter performance", J.AWWA, 74:5:242(1982) °
  29. R.G.Miller et al., "The Occurrence of Aluminum in Drinking Water", J.AWWA, 76:1:84(1984) °
  30. Susumu Kawamura, "Two-Stage Filtration", J.AWWA, 77:12:42-47(1985) °
  31. Keith Craig, "Direct Filtration: An Australian Study", J.AWWA, 77:12:56-61(1985) °
  32. J.R.Bratby, "Optimizing Direct Filtration in Brasilia", J.AWWA, 78:7:106-115 (1986) °
  33. K.O.Cranston and A.Amirtharajah, "Improving the Initial Effluent Quality of a Dual-Media Filter by Coagulants in Backwash", J.AWWA, 79:12:50-63(1987) °
  34. Robert D.G. Monk, "Design Options for Water Filtration", J.AWWA, 79:9:93-106 (1987) °
  35. G.S.Logsdon, "Evaluating Treatment Plants for Particulate Contaminant Removal", J.AWWA, 79:9:82-92(1987) °
  36. R.D. Letterman, "An Overview of Filtration", J.AWWA, 79:12:26-32(1987) °
  37. R.K.Weir, et al., "Foothills: A State-of-the-Art Water Treatment Plant" J.AWWA, 79:9:66-73(1987) °
  38. S.Vigneswaran et al., "Integral Water Treatment Plant Design: Optimization of Design Parameters", Aqua, (6)322-327(1988) °
  39. A.Amirtharajah, "Some Theoretical and Conceptual Views of Filtration", J.AWWA, 80:12:36-46(1988) °
  40. J.Aeppli, "Potable Water Quality Requirements", IWSA Annual Conference Report, International Report 8(1991 MAY) °

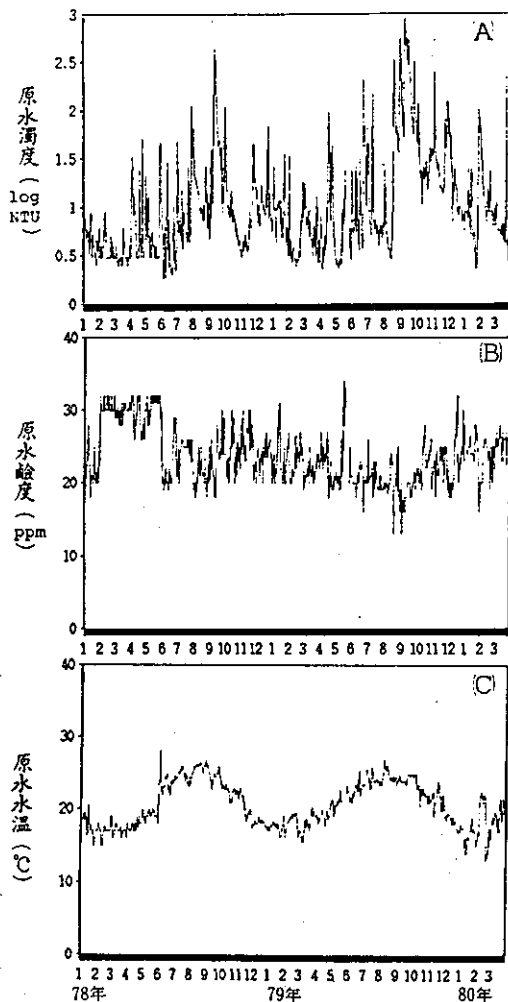


圖3.1 新店溪水源原水水質之季節性變化(A)濁度 (B)鹼度(C)水溫

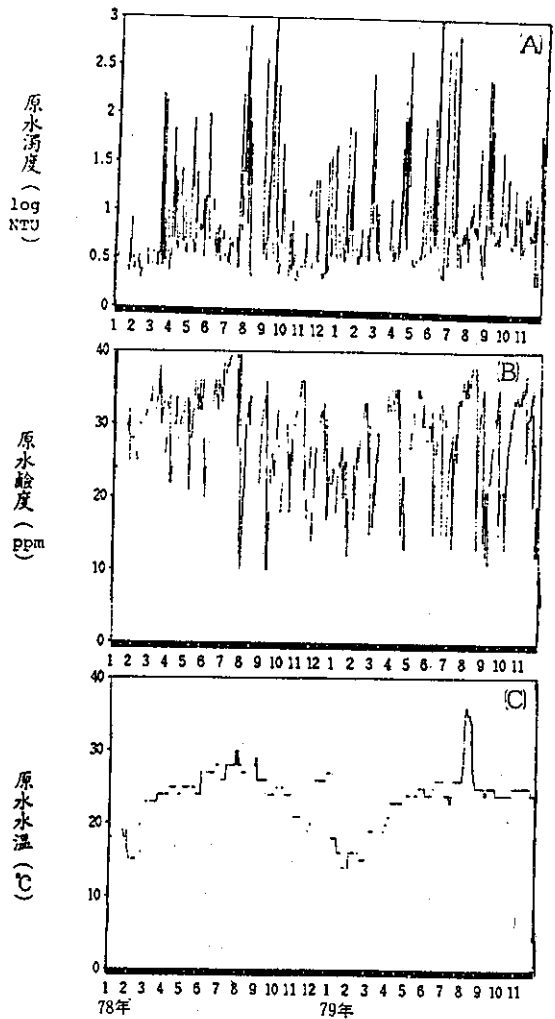


圖3.2 雙溪場原水水質之季節性變化(A)濁度 (B)鹼度(C)水溫

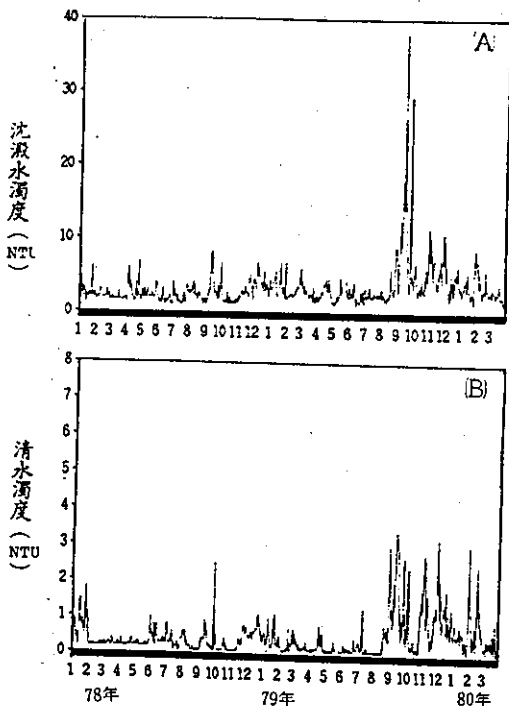


圖3.3 長興場水處理之季節性變化(A)沈澱水濁度 (B)清水濁度

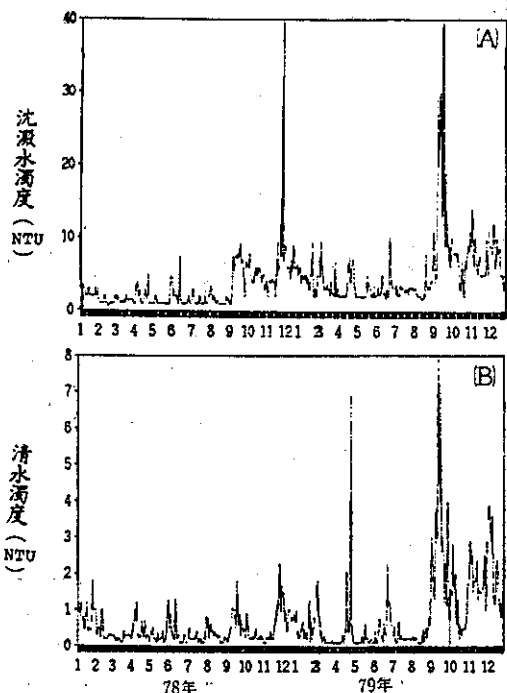


圖3.4 公館場水處理之季節性變化(A)沈澱水濁度 (B)清水濁度

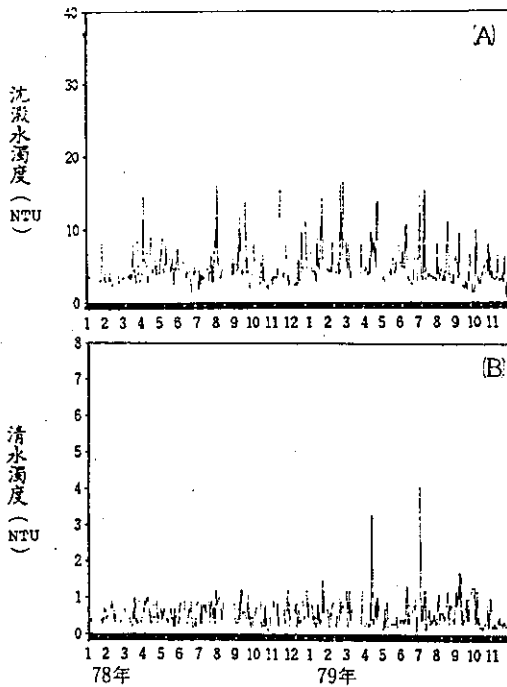


圖3.5 雙溪場水處理之季節性變化  
(A)沈澱水濁度(B)清水濁度

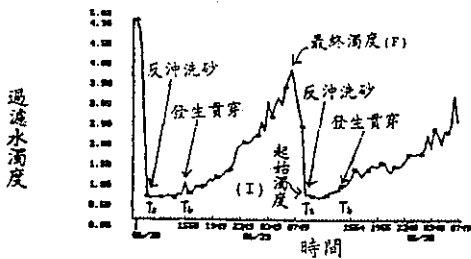


圖4.1 公館場快濾池水質隨濾程變化趨勢

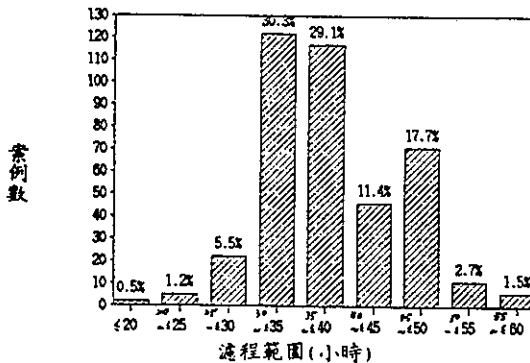


圖5.1.1 長興場實際操作濾程之頻度分析

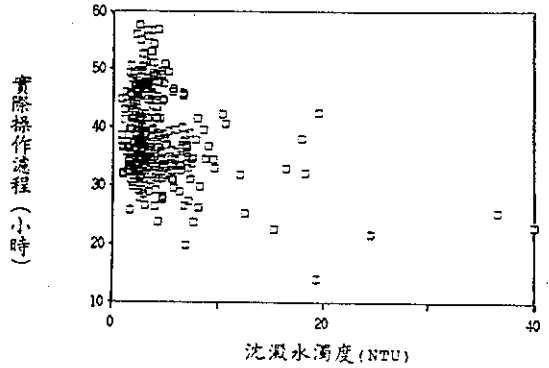


圖5.1.2 長興場沈澱水濁度與濾程之對照圖

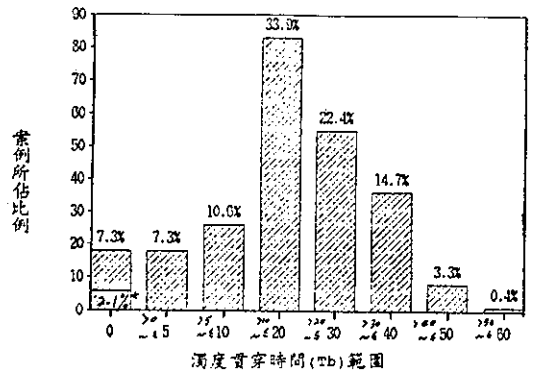


圖5.1.3 長興場快濾池濁度貫穿時間 (Tb) 之分佈情形

(註：\*濾程一開始即發生貫穿之實際案例數為 5 件，其餘 13 件係濾程初期水質惡化 (initial degradation)，半小時內濁度即降至 ~0NTU，而非貫穿，當初資料整理時有誤判，故此圖須作修正。)

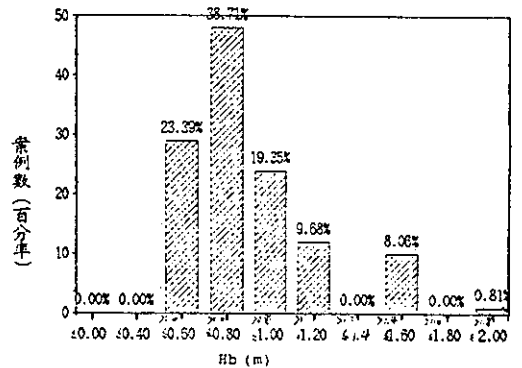


圖5.1.4 長興場快濾池發生濁度貫穿時的水頭損失分佈情形

濁度貫穿時間 (Tb) (小時)

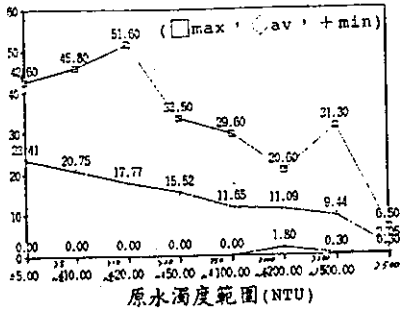


圖5.1.5 長興場快濾池濁度貫穿時間與原水濁度的關係

發生濁度貫穿時之水頭損失 (Hb)

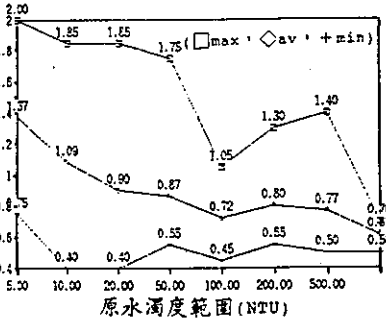


圖5.1.6 長興場濁度貫穿時之水頭損失與原水濁度之關係

水頭損失上升率 (dH) (m/小時)

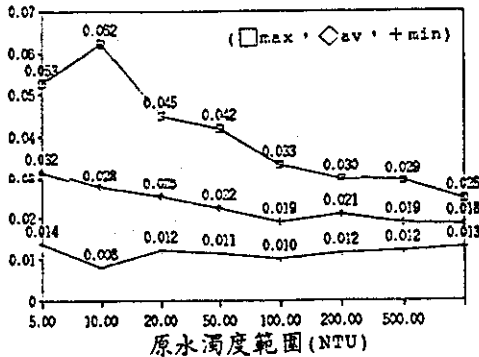


圖5.1.7 長興場快濾池水頭損失上升率與原水濁度之關係

貫穿案例之濾水最終濁度 (NTU)

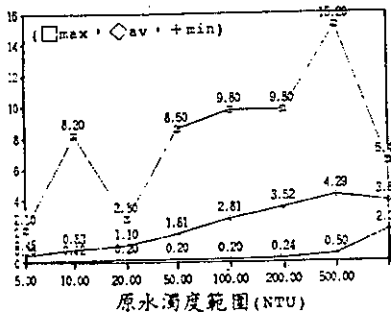
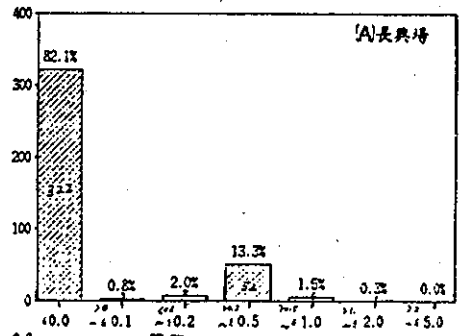


圖5.1.8 長興場快濾池濁度貫穿案例之濾水最終濁度與原水濁度之關係

案例數 (案例所佔百分率)



案例數 (案例所佔百分率)

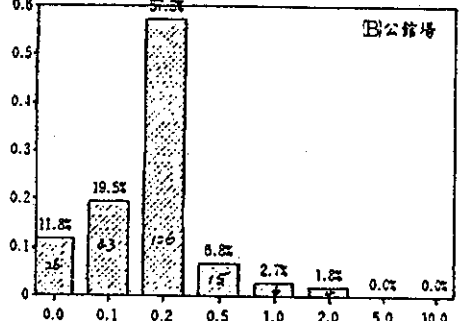


圖5.2.1 快濾池過濾水起始濁度範圍分佈圖 (A)長興場(B)公館場

過濾水起始濁度 (NTU)

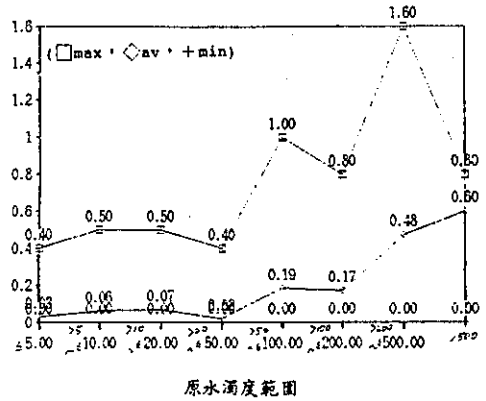


圖5.2.2 長興場快濾池過濾水起始濁度與原水濁度之關係

濾水起始濁度 (NTU)

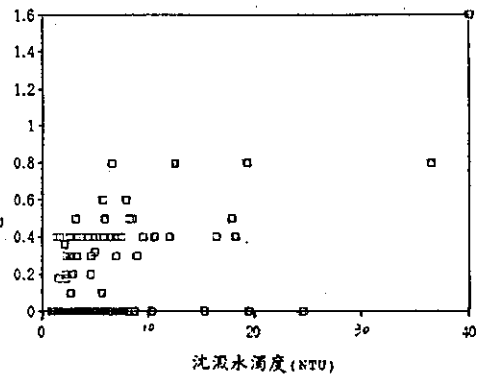


圖5.2.3 長興場快濾池濾水起始濁度與沈澱水濁度之關係

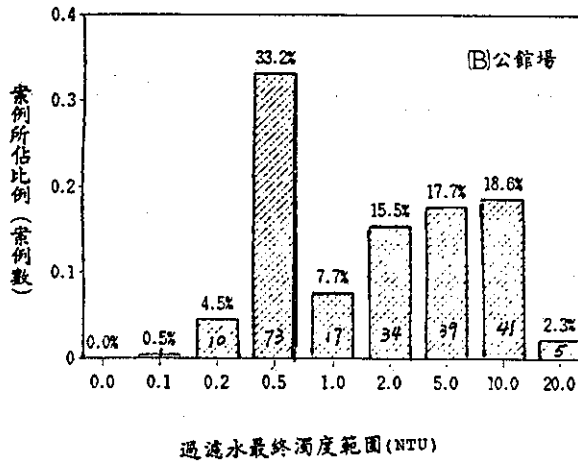
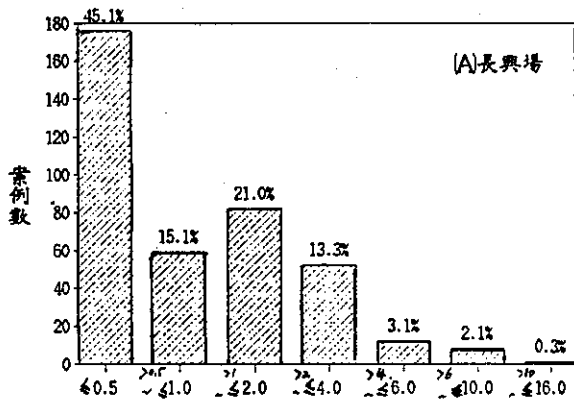


圖5.2.4 快濾池過濾水最終濁度範圍分佈情形  
(A)長興場(B)公館場

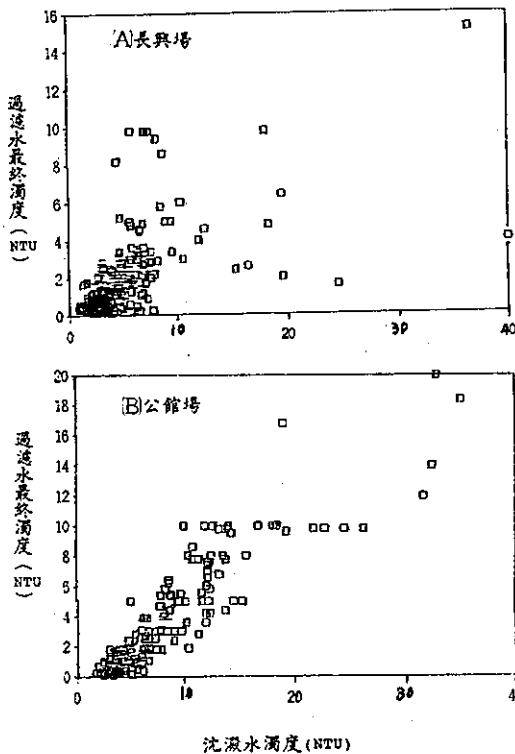


圖5.2.5 過濾水最終濁度與沈澱水濁度之關係  
(A)長興場(B)公館場

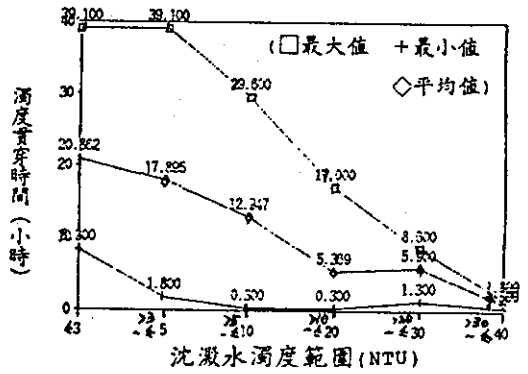


圖5.3.1 濁度貫穿時間與沈澱水濁度之關係

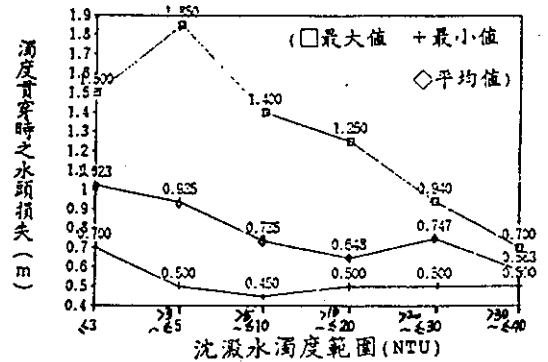


圖5.3.2 濁度貫穿時之水頭損失與沈澱水濁度之關係

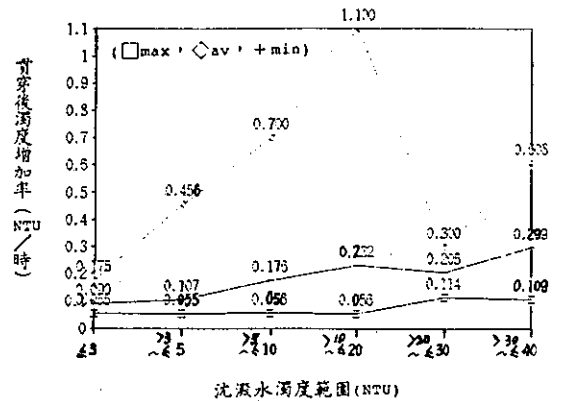


圖5.3.3 貫穿後濁度增加率與沈澱水濁度之關係

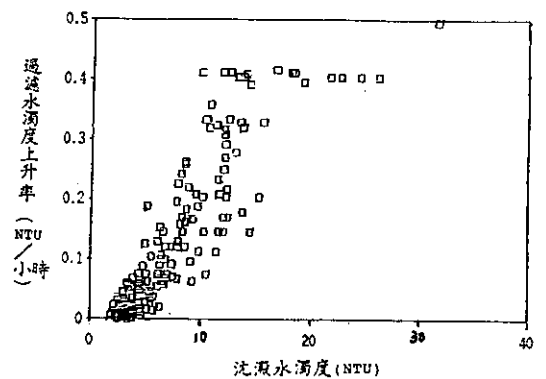


圖5.3.4 公館場過濾水濁度上升率與沈澱水濁度之關係

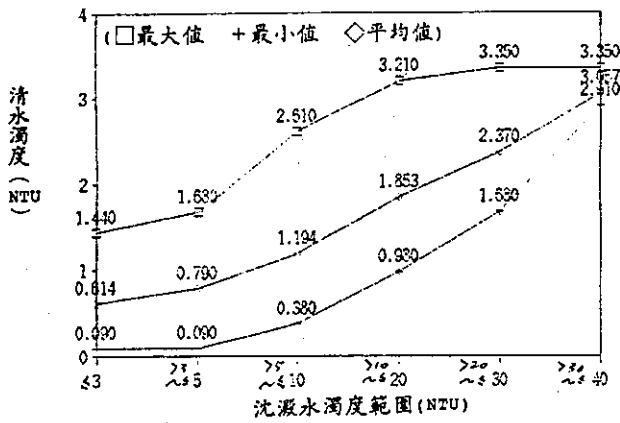


圖5.3.5 濁度貫穿案例之清水濁度與沈澱水濁度之關係

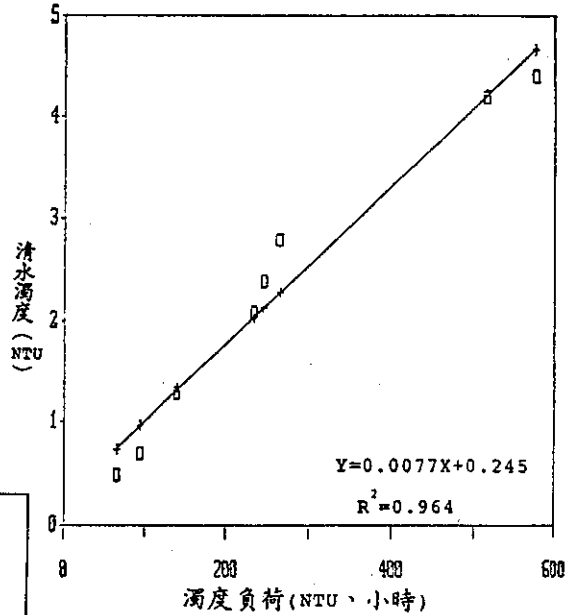


圖5.3.6 長興場濁度貫穿案例之清水濁度與濁度負荷 (沈澱水濁度×濾程)之相關性 (\*以沈澱水濁度範圍作區分後之案例平均值)

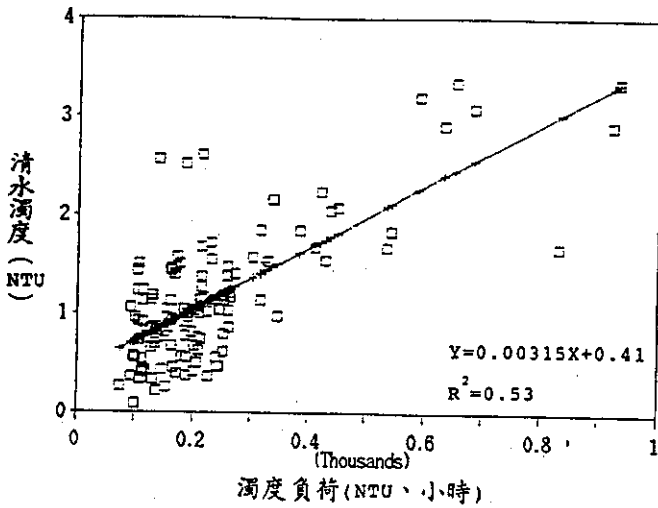


圖5.3.7 長興場濁度貫穿案例之清水濁度與濁度負荷之相關性 (\*實際265個案例)

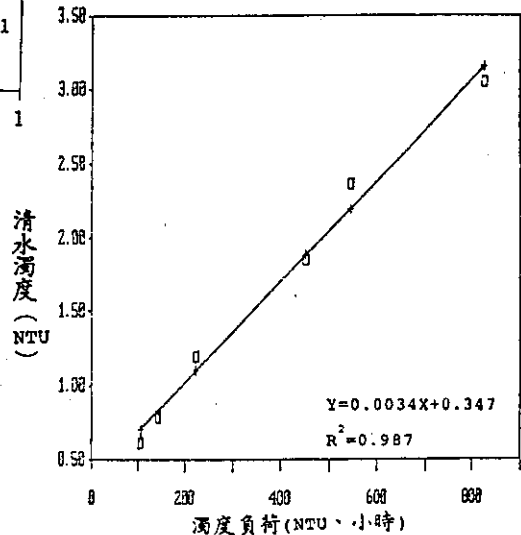


圖5.3.8 公館場清水濁度與濁度負荷 (沈澱水濁度×濾程)之相關性 (註:以沈澱水濁度範圍作區分後之案例平均值)

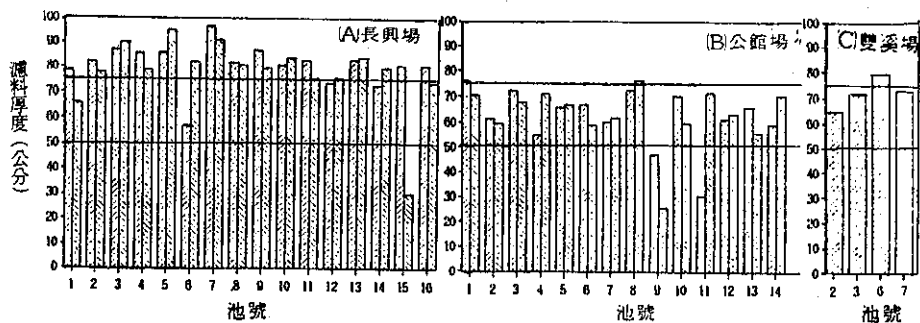


圖5.4.1 各淨水場快濾池濃料厚度分佈情形

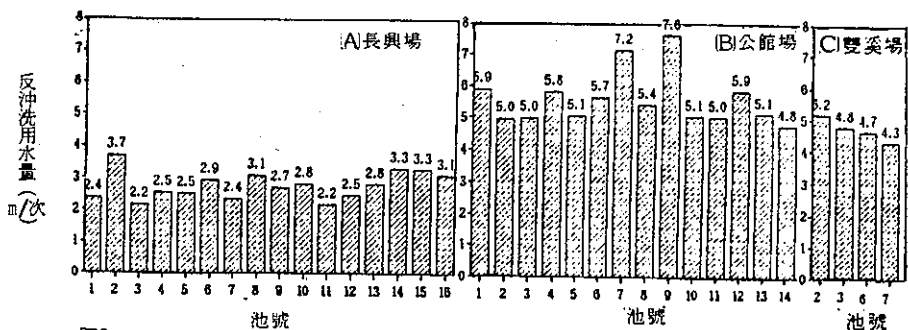


圖5.4.2 各淨水場反沖洗用水量 (m/次)

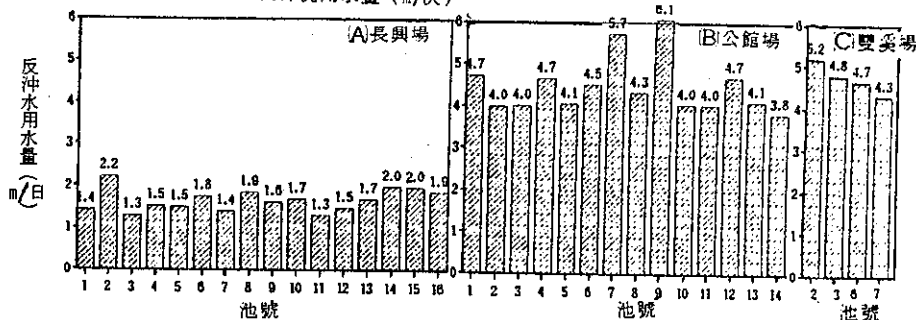


圖5.4.3 各淨水場反沖洗用水量 (m/日)

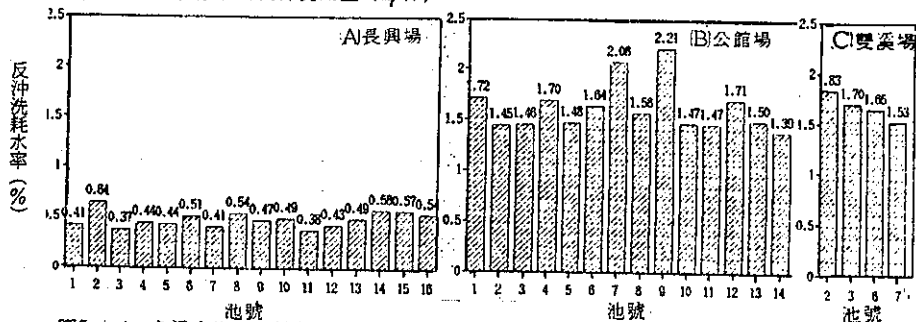


圖5.4.4 各淨水場反沖洗耗水率 (%)

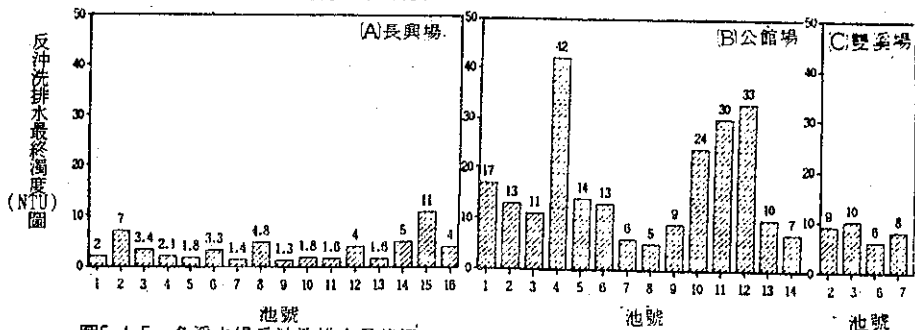


圖5.4.5 各淨水場反沖洗排水最終濁度

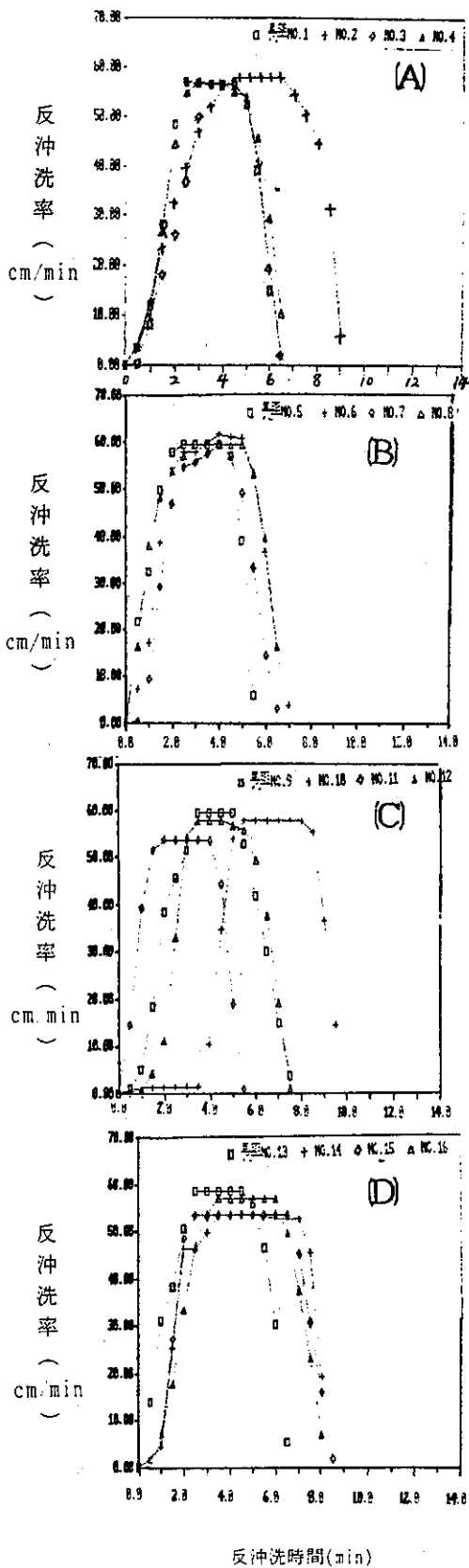


圖5.5.1 長興場快濾池反冲洗率變化情形

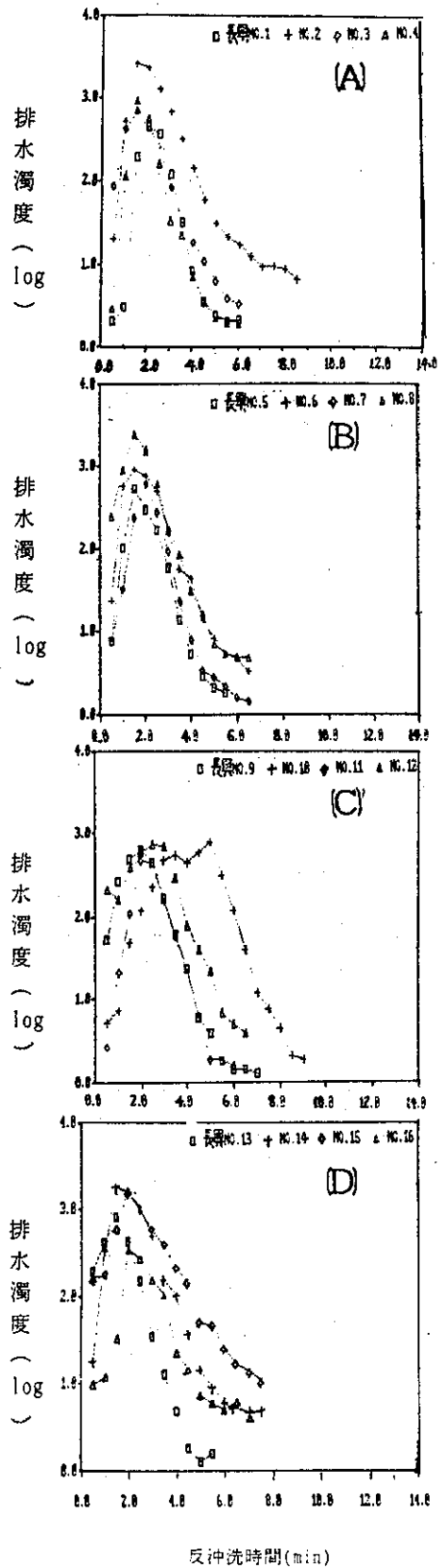


圖5.5.2 長興場快濾池反冲洗排水濁度變化情形

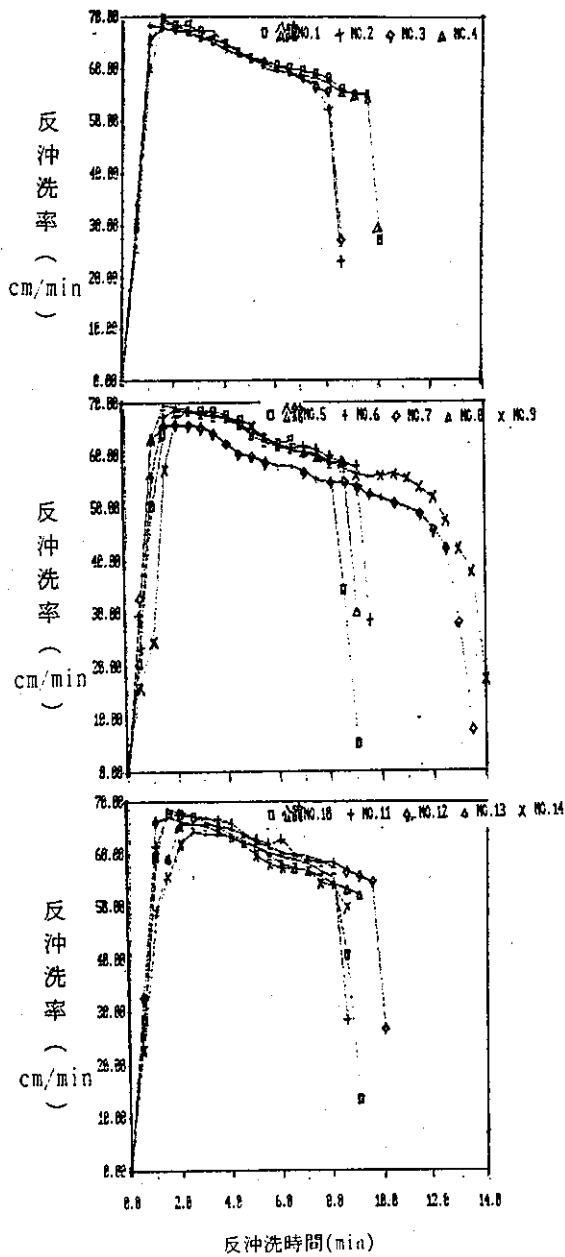


圖5.5.3 公館場快濾池反冲洗率變化情形

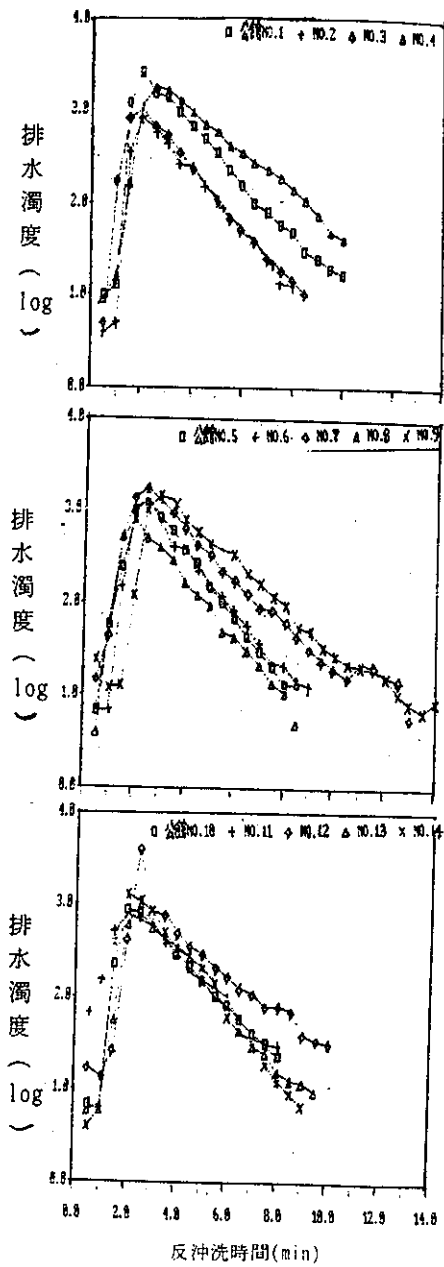


圖5.5.4 公館場快濾池反冲洗排水濁度變化情形

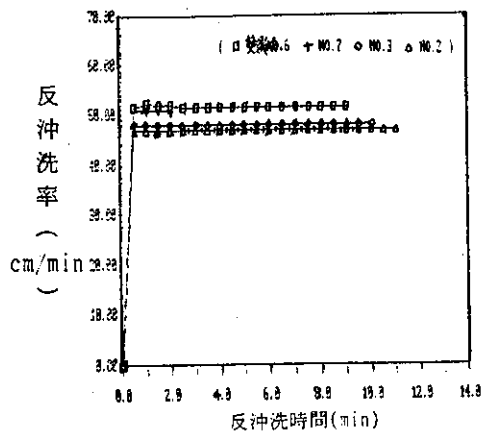


圖5.5.5 雙溪場快濾池反冲洗率變化情形

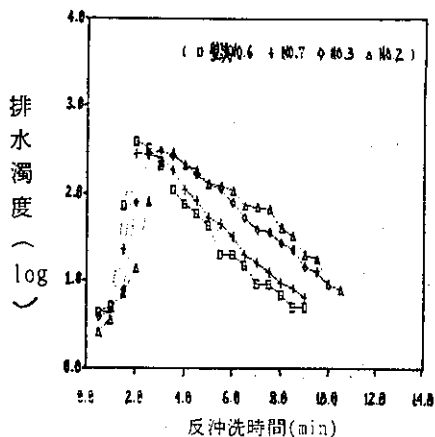


圖5.5.6 雙溪場快濾池反冲洗排水濁度變化情形

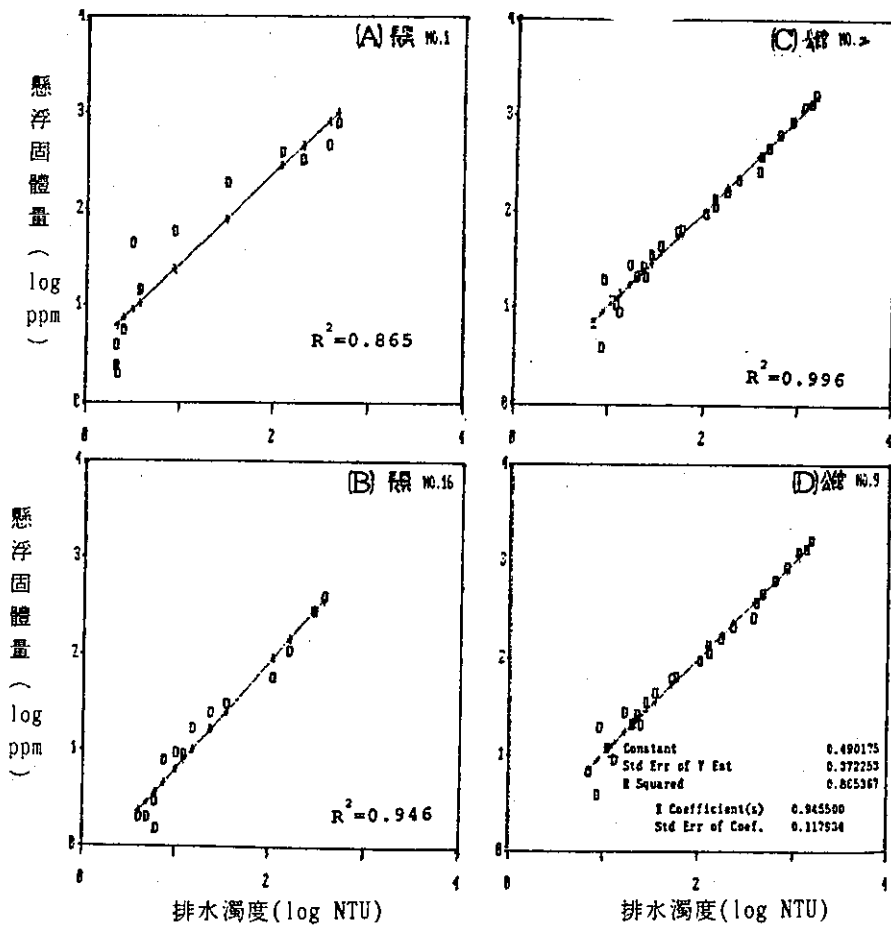


圖5.6 反沖洗排水之懸浮固體量(SS)與濁度的關係

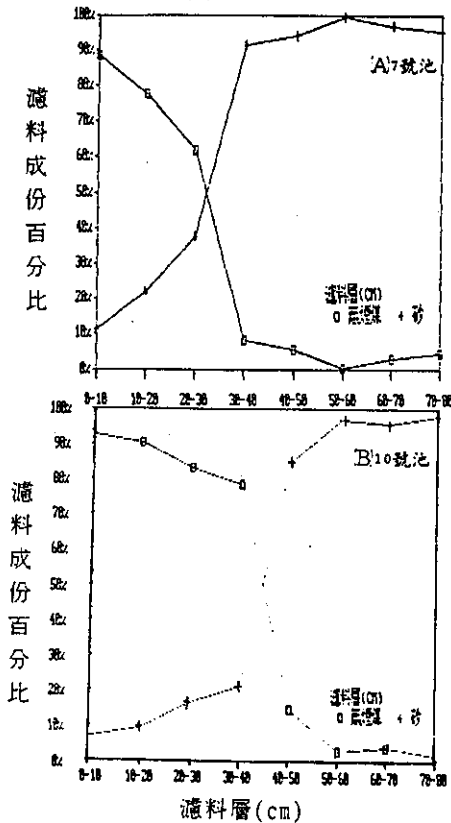


圖5.7.1 長興場快濾池濾砂與無煙煤在各濾料層之分佈情形(A) 7號池(B)10號池

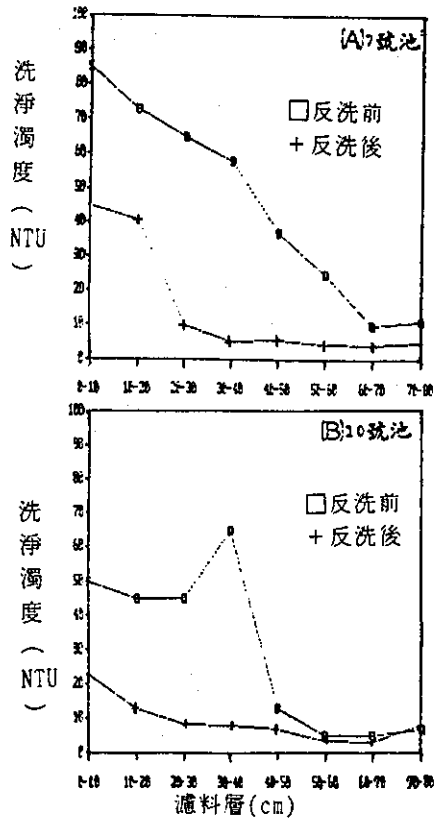


圖5.7.2 長興場快濾池各濾料層之洗淨濁度分佈情形(A) 7號池(B)10號池

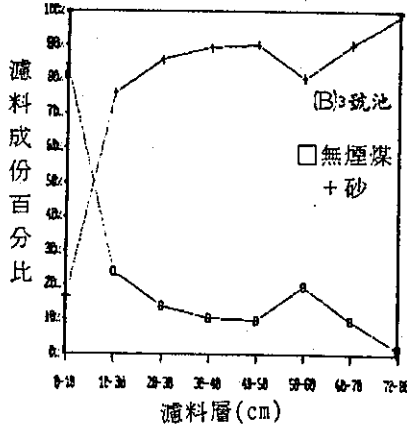
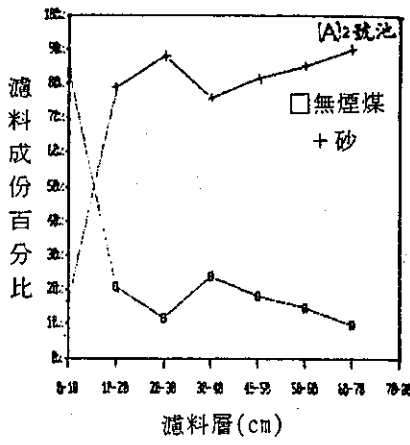


圖5.7.3 公館場快濾池濾砂與無煙煤在各濾料層之分佈情形(A) 2號池(B) 3號池

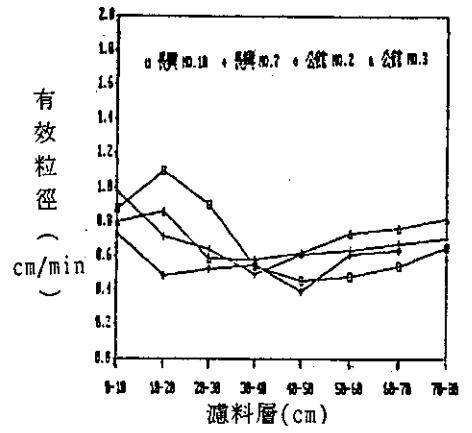


圖5.7.5 濾料有效粒徑分佈情形

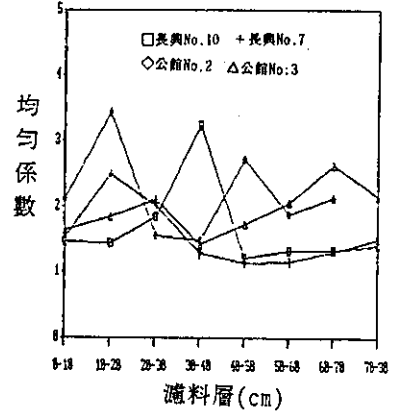


圖5.7.6 濾料均勻係數分佈情形

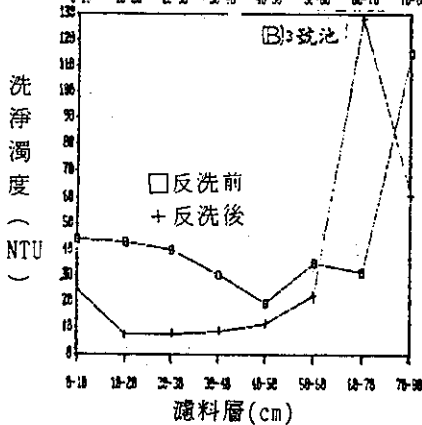
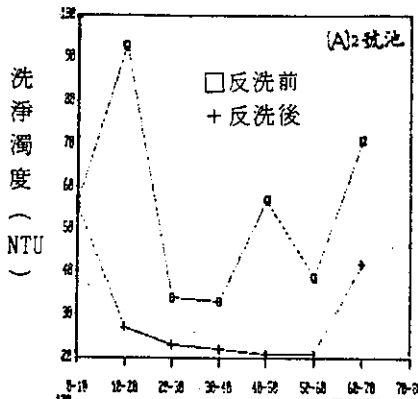


圖5.7.4 公館場快濾池各濾料層之洗淨濁度分佈情形

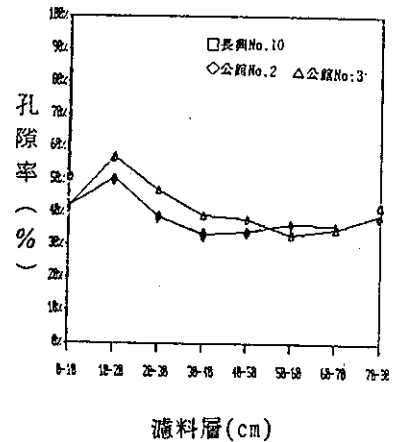


圖5.7.7 濾料孔隙率分佈情形

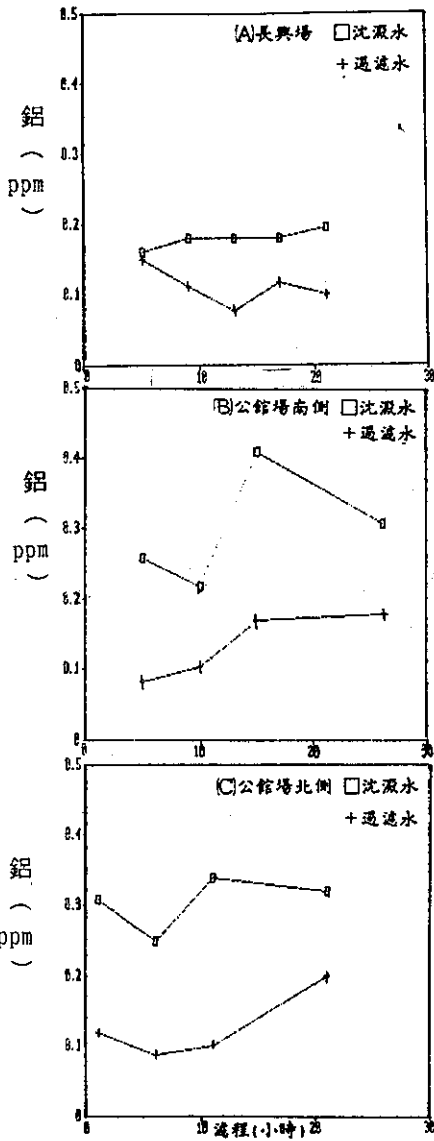


圖5.8.1 沈澱水及過濾水之鋁含量隨濾程之變化情形  
 (A)長興場(B)公館場南側(C)公館場北側

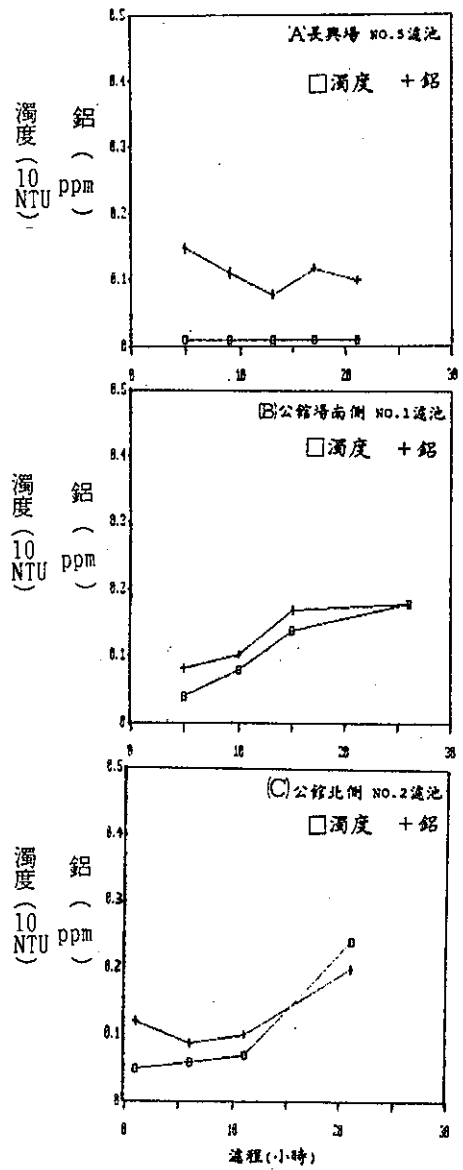


圖5.8.2 過濾水濁度及殘留鋁隨濾程之變化情形  
 (A)長興場(B)公館場南側(C)公館場北側

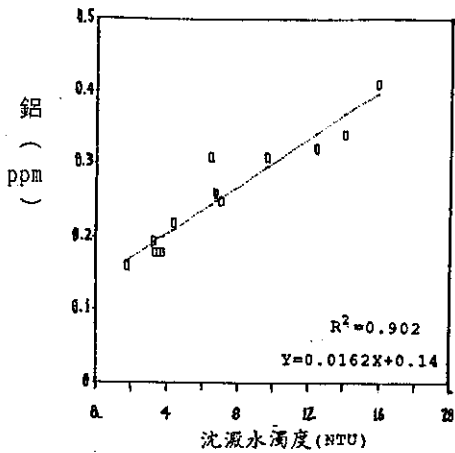


圖5.8.3 沈澱水濁度與殘留鋁的相關性  
 (註：係將長興場與公館場之數據合併處理)

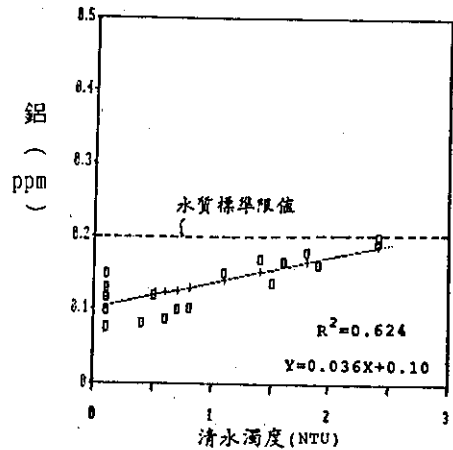


圖5.8.4 過濾水及清水濁度與殘留鋁之相關性  
 (註：係將長興場與公館場之數據合併處理)