

# 自來水中背景有機物吸附特性之研究

黃安岑<sup>1</sup> 郭俊賢<sup>2</sup> 張聖傑<sup>2</sup> 王根樹<sup>3\*</sup>

## 摘要

為了能有效地減少自來水中的背景有機物，以降低加氯消毒形成三鹵甲烷之機會，一般相信活性碳吸附是最能符合實廠操作及改善水質兩大目標之可行方法之一。本研究則針對北部地區的三個水廠：長興、六堵及板新水廠進行活性碳吸附實驗，希望能藉此實驗之等溫吸附結果來瞭解不同水質中背景有機物的吸附特性；同時評估這三座不同水源區的水廠水質是否適合使用活性碳作為淨水過程中的高級處理方法。本研究結果：「不同水源中背景有機物之吸附特性比較」中，發現長興水廠並不需使用活性碳，但六堵水廠及板新水廠若使用粒狀活性碳管柱則對水質改善會有幫助。「比較不同濃度腐植酸之吸附能力」中，證實在多溶質的吸附系統中，水中 NPOC 的初始濃度是決定其吸附效果的主因。

---

1：台灣大學公共衛生研究所碩士班研究生

2：台灣大學環境衛生研究所碩士班研究生

3\*：台灣大學公共衛生學系教授

## 前言

從 1970 年代起，自來水從業人員即開始研究水中的天然有機物，發現了很多 NOM 所引發的問題：①增加混凝劑、消毒劑的需要量，②可能會轉移金屬與疏水性有機物，③可能會引起配水系統的腐蝕及造成微生物生長，④可能會引起味覺不適及臭味，⑤對去除污染物會形成干擾，⑥助長消毒副產品的形成 ( Jacangelo, 1995 )，由於有這些問題存在，所以不得不面對溶在水中的背景有機物對飲水的影響。

目前台灣各自來水廠的傳統處理流程中：混凝、沈澱、過濾等處理過程並無法有效地處理水中的有機物，而許多實驗結果顯示：不論使用粉狀活性碳或是粒狀活性碳對背景有機物都有明顯的去除效果 ( Anderson, 1981; Ram, 1986; Najm, 1991; Jacangelo, 1995; Owen, 1995; Faust, 1983 )，所以可以考慮在最後處理程序中加入高級處理技術，以達到去除水中背景有機物的目的。

自來水源中背景有機物的組成成分極為複雜，而且大多數都是未知物，只知道大部份屬於腐植酸類物質，現今的實驗方法並無法確定所有腐植酸物質的成分、結構。Sontheimer 等 (1986)、Harrington 與 DiGiano (1989)、Smith 與 Weber (1990) 等人的研究 (1994) 及 Kaastrup 等人 (1986) 都認為：常用來表示水中有機物吸附行為的 Freundlich isotherm，若是應用在未知且多種溶質的系統中有其限制，當吸附曲線超過一廣泛的範圍或是用在不同的初始濃度，Freundlich isotherm 並無法滿足不同吸附能力的混合物。在 Smith 的研究中 (1994) 粒狀活性碳吸附湖水、集水區、水潭三種天然水樣，以吸附水樣中 TOC 的批次實驗結果，來觀察多溶質的吸附行為，所得之吸附曲線以另一觀點來看，可將等溫吸附曲線分成三部分：①不可吸附部份 (non-adsorbable, NA)；意謂著即使加入非常高的活性碳劑量，所能吸附的 TOC 量也是非常少或是根本無法吸附。②吸附能力較弱部份 (weakly adsorbable, WA)；加入中等劑量的活性碳可去除高度吸附性的物質或是部份吸附能力較弱的物質。③吸附能力較強部份 (strongly adsorbable, SA) 則代表，雖然加入的活性碳量極少，這些具高度吸附性的物質即使在競爭的情形下也可以被吸附 (Frick 與 Sontheimer, 1982；Smith 與 Weber, 1990)。這樣的類似推論在 1980 年 Frick 就已提出，應將混和物分成不可吸附、吸附性較差、吸附性較強三部分；Volker 與 Sontheimer (1981)、Volker 等人 (1982, 1982, 1984) 甚至將混和物依其吸附能力分成四至七種物質來探討吸附行為 (Sontheimer, 1989)。

由前人的實驗可知，由於天然水體中成分廣泛，在大部份為腐植酸類物質的水樣中，許多部份屬於不易吸附的有機物，不過當然也有較易與極易吸附的物質，這才是天然水體中多種溶質的吸附情形。

如前所述，由於活性碳吸附勢將成為我國自來水高級處理之首要選擇，水源中天然背景有機物之吸附將會影響活性碳吸附水中特定污染物之能力。本研究將以台北地區三家水廠為例，探討活性碳吸附水中背景有機物之特性。

## 採樣與實驗過程

### 一、採樣過程及吸附實驗

#### (1) 不同水廠的活性碳吸附實驗

本實驗的採樣地點分別選自台北市的長興水廠、基隆市的六堵水廠、台北縣的板新水廠，採集的水樣是水廠已過濾但未加後氯的水。

長興水廠及六堵水廠共採四次，板新水廠採三次水樣。在等溫吸附實驗中，每次採得水樣分裝在 18 個 300 ml 的玻璃瓶中，並加入不等量的 Nacalai Tesque 活性碳進行實驗。

本實驗是使用 270\*325 mesh (可通過 270 $\mu$ m 篩孔，但不可通過 325 $\mu$ m 篩孔) 的活性碳。各試驗所加入的活性碳量，一開始則是以「試誤方法」來推測活性碳加入量最適合的範圍；先將加入量的範圍拉大，經過每次實驗結果的檢討再改變範圍，最後則可得最佳的加入量。水樣裝置完成後，將所有樣本瓶都放在左右搖擺式或旋轉式震盪器上，震盪七天，以確保吸附平衡之達成。

## (2) 不同濃度腐植酸的活性碳吸附實驗

先以濃縮的腐植酸試藥泡成 1000 ppm，分成兩組溶液：一組腐植酸溶液完全未經處理，另一組則先加入 10 ml/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 為觸媒，並以 450 瓦紫外光照射 3 小時的後，即成為實驗的水樣。這 2 組水樣分裝在 300 ml 的玻璃瓶中，以前節方法進行實驗。

## 二、總有機碳之分析

標準溶液之配置方法：取標準品 C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOK)(COOH) 2.1254 g，加入 1 L 的純水後即是 1000 ppm 的標準溶液。依所需測量 TOC 的濃度範圍，將 1000 ppm 稀釋成所需的濃度，例如 0.2、1、2、4 mg/L 放入總有機碳分析儀 (Shimadzu TOC 5000A) 架子上的小玻璃瓶中，再滴入 5 滴已配好的 2N HCl 溶液，即可建立標準曲線。

各水樣在分析之前都先以針筒抽許約 25 -30 ml，經過 0.45  $\mu$ m 的濾紙過濾後，才放入 35 ml 的小玻璃瓶(vial)中，每個小玻璃瓶的樣本內需滴入已配好的 2N HCl 溶液 5 滴，開始分析樣本中的 TOC 濃度。

## 三、資料分析

TOC 分析儀測量出樣本中的 TOC 濃度後，以 LOTUS 軟體將水中的初始濃度(C<sub>0</sub>)、平衡濃度(C<sub>e</sub>)及活性碳加入量(M)換算為平衡時的單位吸附量(Q<sub>e</sub>)；

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{M}$$

再以單位吸附量(Q<sub>e</sub>)的 log 與平衡濃度(C<sub>e</sub>)的 log 值的關係圖探討等溫吸附的趨勢。

本實驗等溫吸附的結果是建立在 Freundlich Isotherm  $Q_e = k \cdot C_e^{\alpha}$  上，但研究者認為活性碳加入量(M)與平衡時的單位吸附量(Q<sub>e</sub>)的關

係應該更直接，所以利用 GRAPHER 軟體中的五種數學關係式：線性、對數、指數、多項式、power，來找出最適合表現  $Q_e$  與  $M$  的數學等式，發現指數關係式為最佳的適合式(Fitter)；之後又以  $Q_e=k*Ce^{\alpha_1}$ 、 $Q_e=k*M^{\beta_1}$  為基礎，提出新的吸附模式  $Q_e=k*Ce^{\alpha_2}*M^{\beta_2}$ ，利用 EXCEL 軟體中的迴歸分析功能，以迴歸統計、ANOVA、t-test 等方法來驗證此新模式存在的意義。

## 結果與討論

### 一、不同水源中，背景有機物吸附特性的比較

#### 1、長興水廠

此水廠的水源係來自翡翠水庫及新店溪，其水源保護區內的污染情形較其他水源保護區輕微，就優養化程度來看，除了日月潭水庫以外，翡翠水庫水源之水質堪稱為全台灣最佳者（台灣地區之水資源，1985）。

表 1 長興水廠水樣使用 Nacalai Tesque 活性碳所得的等溫吸附線試驗結果

長興水廠	初始濃度 NPOC (mg/L)	$K_f$	$1/n$	$r^2$
第一次採樣 ( 84.8.30. )	0.660	13.18	0.63	0.110
第二次採樣 ( 84.9.14. )	0.827	4.79	-0.31	0.005
第三次採樣 ( 84.10.6. )	0.944	24.00	0.27	0.156
第四次採樣 ( 85.5.1. )	0.464	1.12	-1.32	0.085

就長興水廠民國 84、85 年的四次採樣結果來看，長興水廠的過濾後、未加後氯前之水樣中，其 NPOC ( Non-Purgable Organic Carbon ) 的濃度都很低，介於 0.46 mg/L 至 0.94 mg/L 之間。經過七天的等溫震盪實驗，從表 1 及圖 1 可發現活性碳吸附背景有機物之情形並不是很好：Freundlich isotherm 之參數  $1/n$  值不僅有正值亦有負值，即使為正值，其數值都不高；另一參數  $K_f$  值也都很低，多為 1 左右；單位吸附量 (  $\log Q_e$  ) 與水中殘餘濃度 (  $\log C_e$  ) 的相關性 (  $r^2$  ) 也都很低，以上三個指標 (  $1/n$ 、 $K_f$ 、 $r^2$  ) 都顯示長興水廠水質並不適用於 Nacalai Tesque 活性碳來吸附 ( 或者 Freundlich Isotherm 並無法描述長興水廠水樣之吸附特性 )。長興水廠之水質不

適合採用吸附處理的可能因素有兩個：一是水中 NPOC 濃度太低，使得吸附量有限，可能已經到達吸附極限，剩於殘留水中者都是無法被吸附的物質，也就是說長興水廠之水質原本即良好（清水之 NPO <1 mg/L），根本不需要採用活性炭處理。同時亦有另一可能為 Nacalai Tesque 活性炭之化學特性並不適合於吸附長興水廠水中的有機物。

## 2、六堵水廠

此水廠的原水是取自基隆河，由於基隆河沿岸多處養豬戶及工廠林立，加上昔日上游地區曾大量開採煤礦，所以污染情形較為嚴重。而六堵水廠是採用前加氯過程來處理基隆河的原水，以先行氧化水中過多的有機污染物。

表 2 六堵水廠使用 Nacalai Tesque 活性炭所得的等溫吸附線試驗結果

六堵水廠	初始濃度 NPOC (mg/L)	$K_f$	$1/n$	$r^2$
第一次採樣 ( 84.8.30. )	2.217	66.00	1.32	0.548
第二次採樣 ( 84.10.17. )	0.959	1.99	-1.63	0.170
第三次採樣 ( 84.11.9. )	0.911	18.62	1.43	0.076
第四次採樣 ( 85.5.2. )	2.561	45.71	2.10	0.820

然而，據民國 84、85 年中四次的採樣結果顯示：已過濾、未進行後加氯處理的清水中，其 NPOC 的變動範圍頗大。去年夏秋季間（8 月 30 日）及今年春夏季間（5 月 2 日）所採水樣的 NPOC 達 2.2 mg/L 及 2.6 mg/L，而另外兩次採樣是在秋冬之際（10 月 17 日、11 月 9 日），其 NPOC 值約在 0.9 mg/L 左右，推測這樣的變動狀況是由於季節的不同所致，越接近夏季溫度上升，進而引起水質的變化。水樣經過七天的震盪實驗後，由表 2 及圖 2 來看，發現 Nacalai Tesque 的吸附效果還不錯，除了第二次採的水樣，其 Freundlich 參數  $1/n$  為負值（-1.63）、 $K_f$ （1.99）外，其他三次所採得水樣的分析結果中， $1/n$  的數值不僅都大於 1，而且在第四次水樣的初始濃度高達 2.56 mg/L 時， $1/n$  值更為 2.1，在單位吸附量（ $\log Q_e$ ）與水中殘餘濃度（ $\log C_e$ ）的相關性方面，初始濃度較高的第一、四次水樣，其相關性都較其他水樣高，尤其是第四次水樣的相關程度可到達 0.82，但第二、三次水樣  $\log Q_e$  與  $\log C_e$  的相關程度卻只在 0.1 左右。推測這樣的結果是由於初始濃度高低的不同的所造成的：當水中被吸附物

的初始濃度越高，則活性碳的吸附效果越好，所以  $\log Q_e$  對  $\log C_e$  的相關程度也就越高。

### 3、板新水廠

此水廠的水源來自大漢溪，為淡水河的支系，而淡水河在全台灣河川中屬於嚴重污染之河川，所以板新水廠在水源區進水口處就先加入粉狀活性碳處理原水，而且在淨水處理之前，亦先加入前氣以破壞水中的有機物。以民國 85 年的三次採樣結果來看，已過濾但未加後氣之水樣中的 NPOC 約在 1.1~1.7 (mg/L) 左右，經過七天的震盪實驗後 (表 3 及圖 3) 顯示，除了第一次水樣分析得 Freundlich 參數  $1/n$ 、 $K_f$  值不高， $\log Q_e$  與  $\log C_e$  的相關程度極低 ( $r^2=0.14$ ) 外，第二、三次的水樣分析結果中顯示  $1/n$  值都大於 1， $r^2$ 、 $K_f$  值也都高於第一次水樣，也顯示了初始濃度愈高，活性碳吸附效果越好的趨勢，所以  $1/n$ 、 $K_f$  值也越高。另外，第二、三次水樣中， $\log Q_e$  對  $\log C_e$  的相關程度也較第一次水樣高很多。

表 3 板新水廠使用 Nacalai Tesque 活性碳所得的等溫吸附線試驗結果

板新水廠	初始濃度 NPOC (mg/L)	$K_f$	$1/n$	$r^2$
第一次採樣 ( 85.1.14. )	1.112	31.62	1.58	0.14
第二次採樣 ( 85.3.1. )	1.736	288.40	3.07	0.78
第三次採樣 ( 85.4.10. )	1.502	117.50	1.4	0.96

### 4、綜合討論

以上三廠的分析結果，只要水中 NPOC 之初始濃度不要太低 (例如  $>1.0$  mg/L )，Nacalai Tesque 活性碳對 NPOC 的吸附效果都不錯，而且隨著初始濃度增加，其吸附效果有提昇的趨勢，同時單位吸附量 ( $\log Q_e$ ) 與水中殘餘濃度 ( $\log C_e$ ) 的相關程度也越高。另外，長興水廠及六堵水廠的第一、四次採樣時間雖然相同 (夏、秋及春、夏之際)，卻發現六堵水廠在這兩個採樣時間之初始濃度較高，可能是受季節的高溫所影響而產生明顯地季節變化，而長興水廠並沒有這種現象，可能是因六堵水廠水質本身有機物濃度，所以夏天時水中背景有機物濃度比冬天高。

三個水廠的水源都是來自天然的水體，內容成分複雜，之前曾討論「多種溶質系統的吸附平衡」，吸附平衡狀態可依吸附特性的不同

分成許多情形，例如：不可吸附、吸附能力較弱、吸附能力較強三種範圍，所以當長興水廠的吸附曲線都屬於吸附效果極差；板新水廠水樣可看出吸附能力較強；六堵水廠水樣的吸附能力有好有壞時，這應該都符合天然水體組成複雜的吸附特性。

綜觀三個水廠各以 Nacalai Tesque 活性碳的吸附效果，或許可做以下的結論：長興水廠四次採得的水樣都顯示水中的有機物量很少，再加上活性碳吸附量很快就達到吸附極限，所以建議此水廠並不需使用活性碳來去除水中的微量有機物。六堵水廠的四次水樣中，有兩次初始濃度較低，而另兩次接近夏季所採的水樣其初始濃度約為秋冬季所採樣的 2.5 倍，同時也顯示了接近夏季的水樣其活性碳吸附效果較佳，但秋冬季採樣則反，所以建議六堵水廠在接近夏季及夏季時，除了正常的淨水處理流程外，在過濾後、未加後氯前加入粒狀活性碳吸附處理，應可改善水質。板新水廠水中 NPOC 濃度的變化程度小於六堵水廠的水質，係介於 1.1 ~ 1.7 mg/L 間，且震盪實驗效果都不錯，因此建議板新水廠可以長期使用活性碳吸附作為淨水處理的高級處理，以去除 THMFP，相信對水質改善會有幫助。此部份之推論，尚待增加實驗次數加以驗證，如果可能，建議將水廠之 TOC 列入各水廠長期固定分析項目。

## 二、比較不同濃度的腐植酸(Humic Acid)

由「不同水源中背景有機物的吸附實驗」的分析結果明顯地看出，長興水廠每次採樣中 18 個樣本點的分散性都很高，在  $1/n$ 、 $K_f$ 、 $r^2$  都可以很明顯地看出吸附效果很差；六堵水廠的吸附效果有好有壞；而板新水廠的吸附曲線則都不錯，觀察這樣的情形，似乎顯示出相同的趨勢：水中非氣提性有機物 ( NPOC ) 初始濃度越高，則吸附效果越佳。針對這樣的假設，此實驗目的即要證明這個推論的合理性，實驗設計是以人工配製低濃度到高濃度的腐植酸濃度 ( 以 NPOC 表示 ) 為實驗對象，腐植溶液分成兩組：一組是完全未經處理；另一組是將腐植酸溶液加入 10 ml/L 的  $H_2O_2$  為觸媒，並照射 450 瓦紫外燈 3 小時，濃度高低的分佈意義在於明瞭是否腐植酸濃度越高則吸附效果越佳，若真如所預期，則這三個水廠吸附特性的趨勢推論則可得以證明。

在未經處理的腐植酸溶液部份：從圖 4 及表 4 可明顯地看出：當腐植酸的初始濃度低於 1 mg/L 以下，其 Freundlich 參數  $1/n$  都為負值；而且就單位吸附量與水中殘餘濃度的相關程度來看，相關性都很低，這與之前的長興水廠、六堵水廠低初始濃度的實驗的結果一致。

表 4 不同濃度腐植酸的等溫吸附線試驗結果

註：此腐植酸溶液未經過光化學處理

腐植酸濃度 NPOC ( mg/L )	$K_f$	1/n	$r^2$
0.63	2.4	-1.39	0.19
0.73	0.81	-2.56	0.26
1.14	11.75	1.55	0.39
1.83	0	2.88	0.4
1.89	4.37	4.57	0.39
3.8	1.62	1.86	0.72
5.14	0.07	3.25	0.676
5.8	0.04	3.45	0.56

表 5 不同濃度腐植酸的等溫吸附線試驗結果

註：此腐植酸溶液照射紫外燈 3 小時並加入 10ml/L  $H_2O_2$  觸媒

腐植酸濃度 NPOC ( mg/L )	$K_f$	1/n	$r^2$
0	2.4	-1.39	0.19
0	0.81	-2.56	0.26
0.86	39.81	1.57	0.77
1.52	21.38	2.01	0.97
2.90	5.62	1.91	0.94
4.18	3.31	1.71	0.95
5.56	1.91	1.74	0.94
6.86	1.58	1.34	0.92

圖 4 顯示初始濃度高於 1 mg/L 時，其吸附曲線的斜率不僅都為正值，而且全部大於 1，雖然 1/n 值不一定隨著腐植酸初始濃度的增加而呈線性增加，但是至少比低初始濃度高很多；其  $r^2$  值顯示不僅在高濃度 NPOC 時相關性較高，而且有隨腐植酸濃度增加而增加的現象，這些現象也在六堵水廠高初始濃度 (> 2 mg/L) 與板新水廠的水樣 (> 1 mg/L) 中相同。但是就  $K_f$  值來看，腐植酸實驗不僅在低初始濃度

(0.73 mg/L) 低於 1，即使在高初始濃度 (5.14 mg/L、5.8 mg/L) 也都小於 1，這點與「不同水廠」的實驗結果不同，只有長興水廠低濃度水樣的吸附曲線才會呈現  $K_f$  值小於 1。高初始濃度腐植酸的實驗結果發現吸附容量很低，或許與所配置之腐植酸化學性質有關，所以進行第二組腐植酸實驗：將腐植酸溶液照射紫外燈，將溶液中的大分子分解為小分子，觀察其吸附性質。

第二組實驗，可從表 5 及圖 5 觀察出：當初始濃度大於 1mg/L 時，吸附量與水中殘餘濃度的相關性明顯地增加，高初始濃度的確比低初始濃度表現更佳吸附特性。這樣的結果不僅證實了初始濃度的高低決定了吸附特性的表現，而且更說明：即使水中腐植酸的組成改變，也不影響這樣的論點。

## 結論與建議

- 1、在不同水源區中，針對其背景有機物的吸附特性之比較結果：  
長興水廠；四次採得的水樣都顯示水中有機物的量很少，再加上活性碳的吸附量很快就達到吸附極限，故建議此水廠並不需使用活性碳來去除水中的微量有機物。  
六堵水廠；建議在夏季或接近夏季時，除了傳統的淨水處理之外，在過濾後、未加後氯前加入粒狀活性碳，可以明顯地改善水質。  
板新水廠；建議使水廠可以長期使用活性碳吸附，作為淨水處理中的高級處理，相信對水質的改善會有幫助。
- 2、「比較不同濃度的腐植酸」實驗：  
自然水體的組成非常複雜，其中佔最多的則為腐植酸。腐植酸代表水中的背景有機物進行吸附實驗，證實：即使在這種“多溶質系統”所達到的吸附平衡，水中 NPOC 的初始濃度是決定其吸附效果的主因。

## 致謝

本研究承蒙國科會提供經費 ( NSC 85-2211-E-002-031 )，得以完成，並感謝王根樹老師的指導以及長興、六堵及板新水廠，在採樣時所提供的協助，特此致謝。

## 文獻探討

1. Anderson M. C., Bulter R. C., Holdren F. J., and Kornegay

- B. H., (1981), "Controlling Trihalomethanes with Powdered Activated Carbons", J. AWWA. 73, pp. 432-439.
2. Faust S. D., (1983), "Removal of Organics by Activated Carbon." in Chemistry of Water Treatment, Butterworth, Boston.
  3. Harrington G. W. and DiGiano F. A. (1989), "Adsorption equilibria of natural organic matter after ozonation" J. Am. Wat. Wks Ass. 81, 93-110.
  4. Kaastrup E., Summers R.S. and Roberts P.V. (1986), "Adsorption equilibrium of DOC by activated carbon and the influence of preozonation", Ozone Science & Engineering. 8, 277-298.
  5. Jacangelo J. G., DeMarco J., Owen D. M. and Randtke S. J., (1995), "Selected Processes for Removing NOM: an Overview", J.AWWA. 87, pp64-77.
  6. Najm I. N., Srcoeyink V. L., Lykins B. W. Jr. , and Adams J. Q., (1991), "Using Powdered Activated Carbon: A Critical Review", J. AWWA. 83, pp.65-76.
  7. Owen M. D., Amy G. L., Chowdhury Z. K., Paoda R., McCoy G. and Viscosil K., (1995), "NOM Characterization and Treatability", J.AWWA. 87, ,pp46-63,
  8. Ram N. M., Calabrese E. J. and Chriotman R. F., (1986), Organic Carcinogens in Drinking Water: Detection, Treatment and Risk Assessment, Wiley, New York.
  9. Smith E. H. and Weber W. J. Jr. (1990), "Comparative assessment of the chemical and adsorptive characteristics of leachates from a municipal and an industrial landfill" Wat. Air Soil Pollut. 53, pp.279-295.
  10. Smith E. H., (1994), "Bench-Scale Tests and Modeling of Adsorption of Natural Organic Matter By Activated Carbon", Water Research. 28,1693-1702.
  11. Sontheimer H., Crittenden J. C. and Summers R.S., (1989), "Description of Adsorption Equilibrium" in Activated Carbon for Water Treatment, AWWARF, Denver, CO.
  12. Sontheimer E. H., Crittenden J. C. and Summers R.S. (1988), Activated Carbon for Water Treatment, 2nd edition. DVGW-Forschungsstelle, Karlsruhe, Germany (in English).
  13. 經濟部水資源統一規劃委員會, (1985), 台灣地區之水資源。

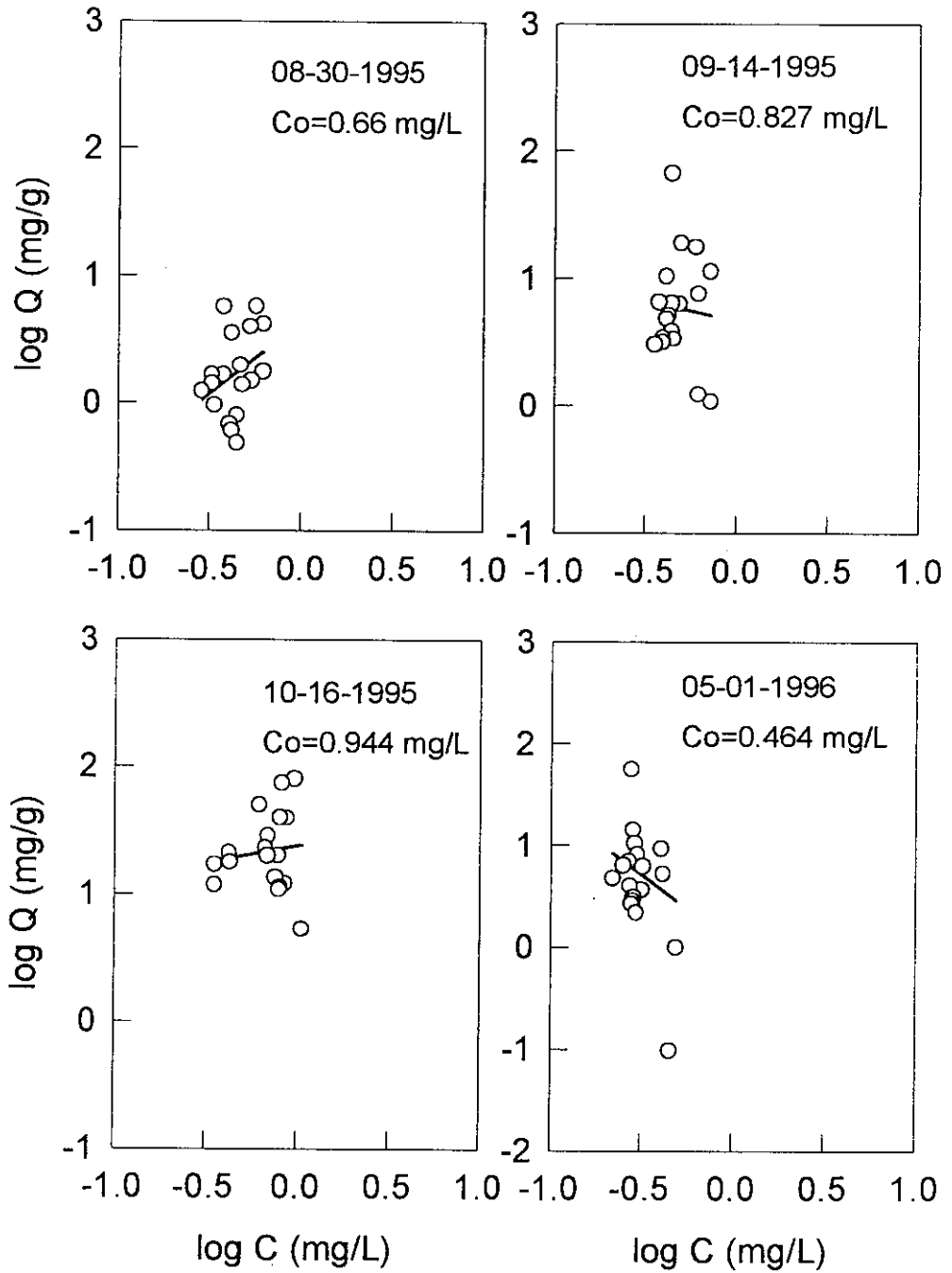


圖 1 長興水廠清水之等溫吸附線  
 ( Nacalai Tesque 活性碳，270\*325 mesh，震盪七天)

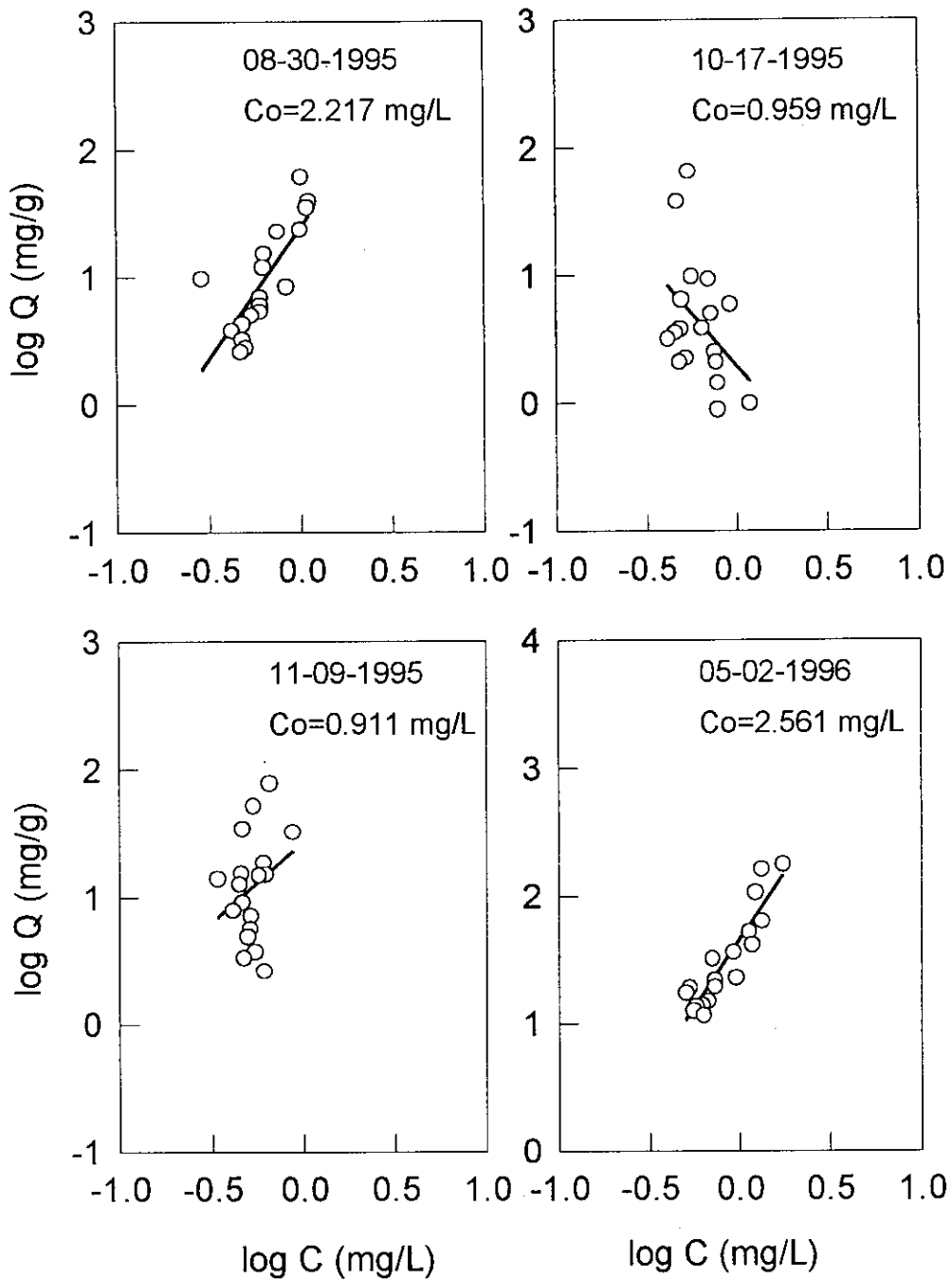


圖 2 六堵水廠清水之等溫吸附線

( Nacalai Tesque 活性碳， 270\*325 mesh， 震盪七天 )

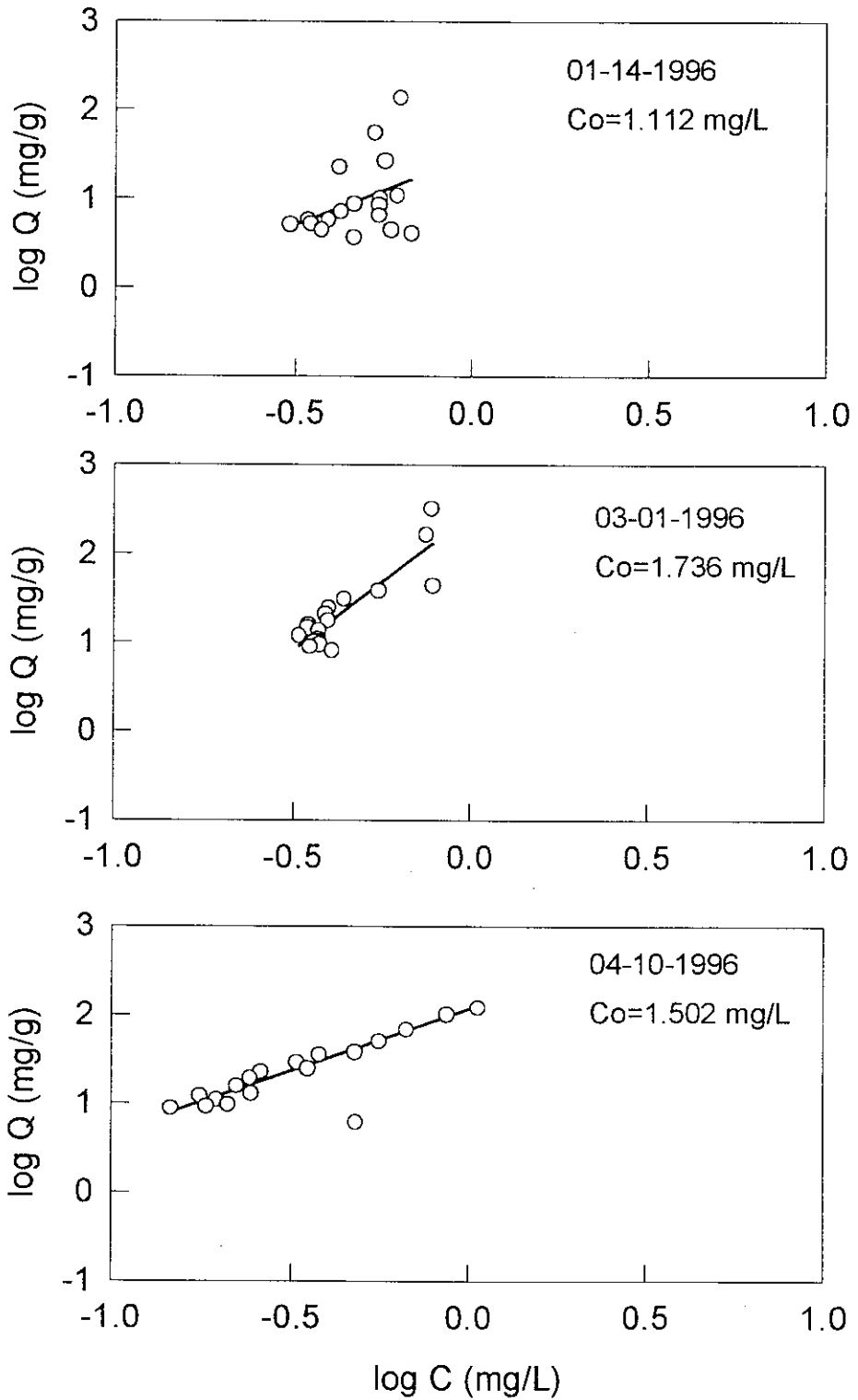


圖 3 板新水廠清水之等溫吸附線

( Nacalai Tesque 活性碳，270\*325 mesh，震盪七天 )

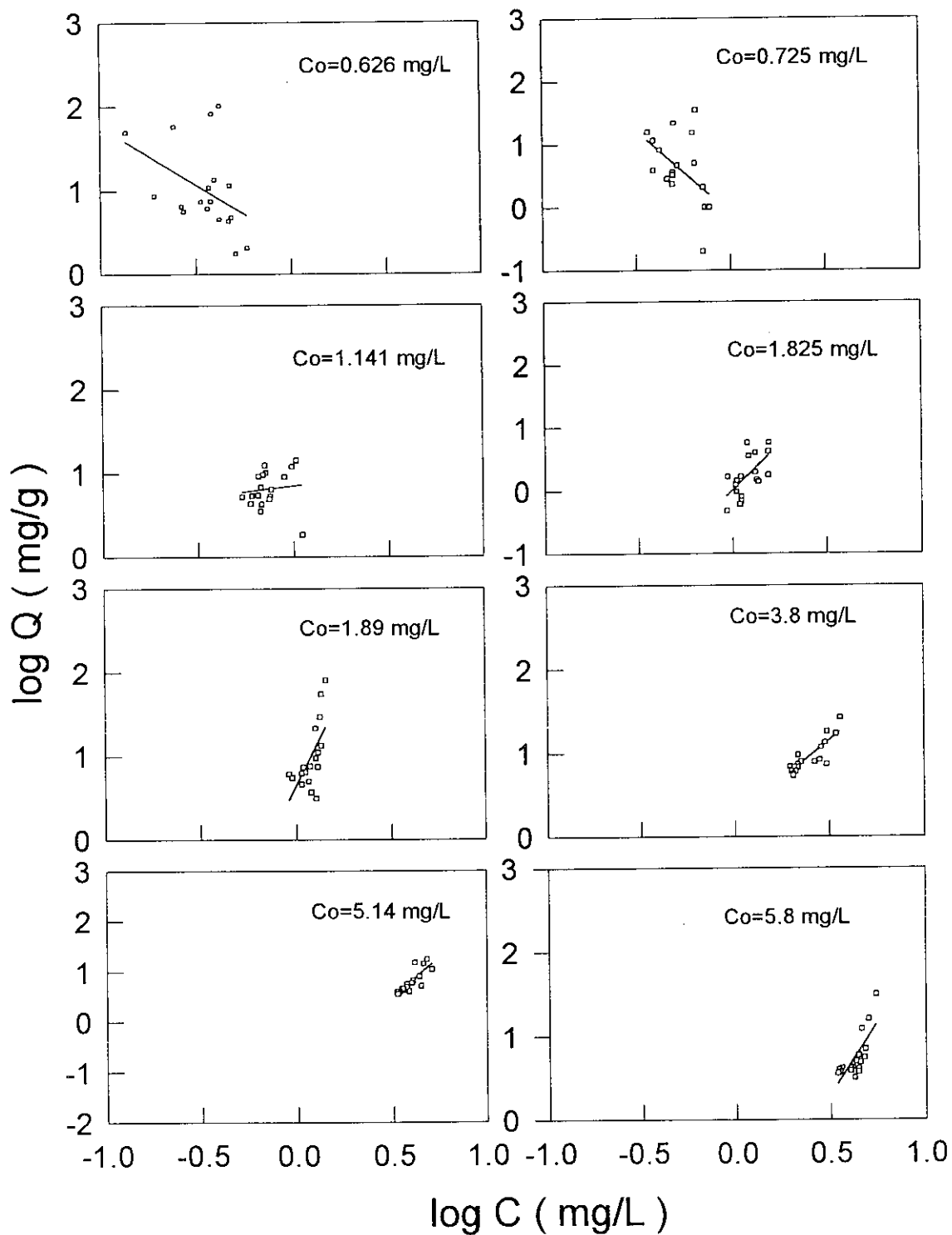


圖 4 不同濃度腐植酸溶液，所得之 Freundlich 等溫吸附曲線  
 註：此腐植酸溶液未經處理過

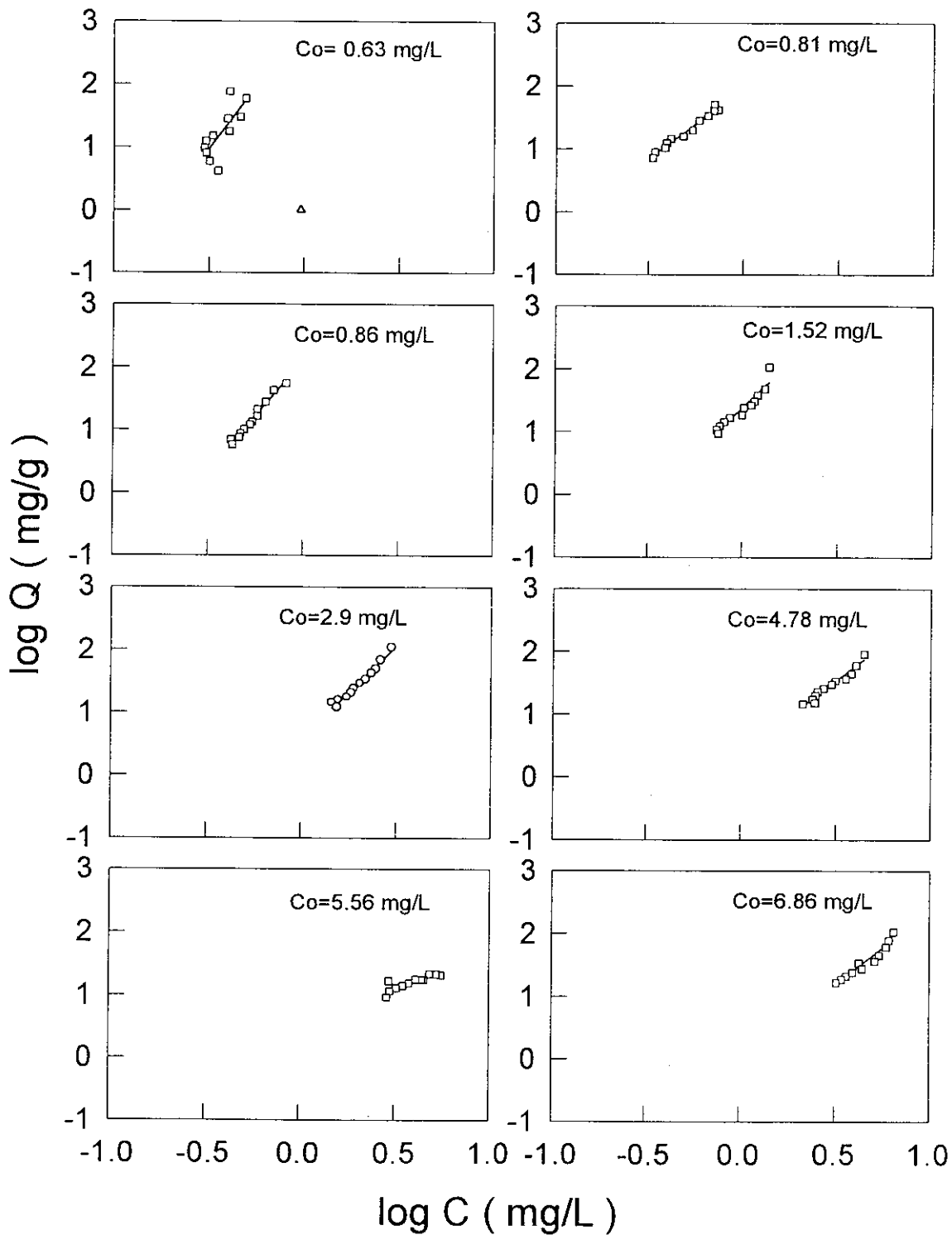


圖 5 不同濃度腐植酸溶液，所得之 Freundlich 等溫吸附線

註：此腐植酸溶液加入 10ml/L  $H_2O_2$  為觸媒，並照射紫外燈 3 小時