

應用活性碳濾床提升傳統處理程序去除有機物效能之研究

黃文鑑^{*1}、黃志彬^{**}、吳志超^{***}、廖靜宜^{***}、王春鎮^{*}、王韻嬋^{**}

*弘光科技大學 環境工程系

**國立交通大學 環境工程研究所

***逢甲大學 環境工程及科學系

摘要

一般傳統淨水程序，諸如混凝沉澱、砂濾等單元對原水中溶解性有機物之去除功效有限，近年來活性碳在淨水工程上之應用已漸普遍，尤其隨著原水污染物、人工合成有機物及消毒副產物之多樣化，目前活性碳已被視為去除水中多樣有機物之有效處理單元。本研究主要針對台灣南部之鳳山水庫原水為試驗對象，首先篩選4種不同性質的商業化顆粒活性碳(GAC)，針對(一)原水、(二)原水→前氯→混凝沉澱、(三)原水→前二氯化氯→混凝沉澱等水樣進行動力吸附試驗。再者，利用設置於鳳山淨水廠之模型廠，於淨水末端裝設粒狀活性碳(GAC)濾床及GAC/石英砂(Sand)混床，主要比較：(1)砂濾床(60cm)串聯GAC濾床(60cm)、(2)砂濾床上層30cm改填GAC之雙層濾料(簡稱Sand/GAC)、(3)傳統砂濾床(60cm)等三種濾床對水中溶解性有機物及消毒副產物生成潛能之去除能力。此外本實驗亦針對人工合成有機物進行恆溫及快速小管柱吸附試驗，選取之吸附目標物為甲苯(Toluene)及2,4,6-三氯酚(2,4,6-TCP)。

結果顯示鳳山原水及各試程出流水的恆溫吸附及小管柱活性碳吸附試驗發現，F-400 活性碳有較佳效果。F-400 活性碳對兩種人工合成有機物-甲苯及2,4,6-TCP之動力吸附曲線，甲苯之吸附平衡時間約50分鐘，TCP約1小時。此結果原水有機物動力吸附平衡時間(約6小時)比較，顯示甲苯及TCP較原水中背景有機物容易被活性碳吸附，甲苯及TCP之小型吸附管柱試驗結果，顯示在進流濃度110-125 µg/L、EBCT控制為21 min條件，出流液甲苯之濃度可低於

10 µg/L。另對TCP之吸附，在相同條件下，其吸附效率略低於甲苯。計算兩種有機物達到吸附飽和，GAC之吸附容量分別為，甲苯：7.8 mg/g-GAC，TCP：5.5 mg/g-GAC。而模型廠過濾單元以GAC/濾砂取代傳統濾砂濾床，對有機物去除則有明顯的提昇作用，然濾床較適操作條件的決定目前正持續試驗。

關鍵字：活性碳濾床、有機物、消毒副產物、人工合成有機物

一、前言

活性碳在淨水工程上之應用，首先是針對水中嗅及味之去除，隨著人工合成有機物之多樣化及環境污染日益嚴重，目前已被使用於去除水中多樣之有機物。影響活性碳吸附之因素眾多，被吸附質與溶劑所表現之特性亦會影響活性碳之吸附效果。就被吸附質而言，可將影響被吸附之因素，歸納成三點，其分別為分子之大小、溶解性及分子本身所具有之官能基與極性等。一般被吸附質分子大小影響其被吸附能力甚鉅，當分子太大時，會受限於吸附劑之微小孔徑分佈，使可擴散至吸附劑內微小孔隙之被吸附質分子減少，進而降低被吸附之量。腐植酸較難被活性碳吸附，即是分子過大之緣故。另外，溶解度高之有機分子較不適合使用活性碳吸附，因其與溶劑間之親和力甚強，使有機分子之被吸附能力降低。至於有機分子本身所具有之極性、官能基亦會影響被吸附效率。若有機分子具較強極性之官能基如：氫氧基

(-OH)；磺酸基(-SO₃)或是胺基(-NH₂)，則會降低被吸附能力。反之，若有有機物含有苯環取低基，如硝基(NO₂)則會提昇被吸附能力。另外具有鹵化基(-X)、羰基(-C=O)及雙鍵結構之有機物，當須視其結構與分子量才能判定其吸附如何(Faust & Aly, 1987; Mollah et al., 1996)。

其次，水溶液系統中溶劑影響吸附現象之因子有：pH 值、溫度及是否存在其他有機物。一般而言，在低 pH 值下。有機物種之離子化現象較少，因此也較容量被吸附(McCreary & Snoeyink, 1980, McCafferty et al., 2000)。溫度之效應會影響吸附之效率，這是由於物理吸附放熱反應，故溫度上升時其吸附容量有降低之趨勢。根據文獻之資料，在溫度為 8、20 及 29°C 下活性碳對酚(phenol)吸附之三條恆溫曲線，顯示溫度愈高時吸附容量愈低，但此現象僅侷限在酚濃度低於 200 μmole/L 下，溫度之效應才較明顯(Faust & Aly, 1987)。此外，溶液中若同時存在許多種有機質，則在有限的吸附位置競爭下，將促使某些有機物之吸附容量低。Frick *et al.* (1980)曾經比較以萊茵河為溶劑之 1 mg/L PNP (paranitrophenol)溶液與純水配製之 PNP 溶液分別進行活性碳吸附試驗，得知 PNP 受萊茵河水其他有機質之影響後，其被吸附之容量有降低之趨勢。

GAC/砂混合濾床在國外以有應用實例，英國泰晤士水公司 (TWU) 為解決農藥問題，將傳統慢砂濾改為粒狀 GAC/砂之三明治濾床 (GAC sandwich filter)，亦即在慢砂濾床中央入約 20cm 之 GAC，經發現混合濾床對農藥及背景有機物之去除效果均較傳統砂濾床佳。再者，德國 Rheinisch-Westfalische 水公司在快砂濾後接 GAC 濾床以去除有機物及殘氯(葉氏，2001)。

二、研究方法

2-1 活性碳之選取及前處理

本實驗使用之粒狀活性碳 (GAC) 是選取國內、外商業化之 5 種 GAC 進行動力及恆溫吸附試驗，表 1 是 GAC 之基本物理性質。實驗進行前之 GAC 處理步驟，是先將 GAC 研磨，並以 60-80 mesh 篩分，取適量置入純水中，浸洗 48 小時，再傾出上澄液，並分析上澄液之有機碳濃度(以總有機碳(TOC)表示測值)，經重覆浸洗 72 小時確認上澄液已無有機雜質存在後，將 GAC 置入 160°C 之烘箱內烘乾 7 天，然後在 105°C 之烘箱內保存。

2-2 活性碳對原水及各流程處理水之動力及恆溫吸附實驗

GAC 吸附動力吸附實驗，是將洗淨之 120 ml 血清瓶若干個，分別盛入 100 ml 水樣，並稱取 0.01 克之 GAC 加入各瓶中，此時血清瓶中之 GAC 濃度為 100 mg/L。隨後將裝有 GAC 之血清瓶置於旋轉振盪器中，並將振盪器放置於恆溫箱中，溫度控制在 25°C，以 150 rpm 旋轉速度進行吸附試驗。自吸附開始後，在不同接觸時間下分別取樣，取出之水樣以 0.45 μm 之濾膜 (材質為 Cellulose Nitrate, Micro Filtration System, 美國)過濾，並將過濾液進行 TOC 之分析。

恆溫吸附實驗是將洗淨之 120 ml 血清瓶數個，量取 100 ml 之各試驗水樣，倒入 120 ml 血清瓶中，同時加入不等量之 GAC，使瓶中 GAC 濃度控制於 10 至 200 mg/L 範圍，隨後將血清瓶置於旋轉振盪器中，在溫度 25°C、150 rpm 旋轉速度下進行恆溫吸附。於振盪吸附達平衡後，取出水樣，連同空白試驗組，以 0.45 μm 濾膜過濾，分析濾液之 TOC 值。並以 Freundlich 恆溫吸附方程式來表示各水樣之恆溫吸附結果。

2-3 實驗室快速小管柱 (RSSCT) 吸附實驗

試驗是於實驗室將三種 (F-400、F-820、G-840) 顆粒狀活性碳，先經粉碎、過篩、擇取 60×80 mesh 尺寸之 GAC，經

純水洗淨、烘乾後，取 12 克填充於一小型玻璃管柱(1.72 cm ID×30 cm)內。再將原水先經氣／二氧化氯及混凝。沉澱處理後，利用定量馬達以 1.3 mL/min 的流量通入 GAC 管柱，並連續在各時間收集出流水測定水中總有機碳(TOC)濃度。有關 RSSCT 之活性炭吸附試驗之估算值如下所述：

$$\frac{EBCT_{(SC)}}{EBCT_{(LC)}} = \frac{R_{(SC)}}{R_{(LC)}} \cdot \frac{T_{(SC)}}{T_{(LC)}} \\ \frac{V_{(SC)}}{V_{(LC)}} = \frac{R_{(LC)}}{R_{(SC)}} \cdot \frac{N_{(SC)}}{N_{(LC)}}$$

EBCT：活性炭空床接觸時間

R：活性炭粒徑

T：水力停留時間

V：濾速

N：水之雷諾數

SC：小玻璃管柱

LC：模廠活性炭管柱

其中活性炭空床接觸時間(EBCT)與活性炭粒徑、水力停留時間成正比，另濾速與活性炭粒徑成反比與雷諾數成正比。因此經由上述推算出本實驗小型吸附管柱之設計流量 1.3 ml/min，管柱活性炭(60×80 mesh)充填高度 12 cm，重量 12 克。

2-4 模型廠活性炭濾床操作參數

模廠過濾單元操作試驗項目，主要是比較：1.砂濾床(60 cm)串聯 GAC 濾床(60 cm)；2.砂濾床上層 30 cm 改填 GAC 之雙層濾料(簡稱 Sand/GAC)；3.傳統砂濾床(60 cm)等三種濾床對濁度及有機物之去除能力。三組濾床之操作將採並聯進流方式(如圖 1 所示)，藉由相同進流水質比較各濾床對濁度、有機物之去除功效，同時觀察長期操作期間，對處理水質變動之穩定性，關於各濾床操作參數(表 2)包含：(1)濾床濾速：濾速控制是以濁度、有機物去除為標的，根據模廠混凝沉澱出水水質及參考國內外濾床操作經驗，擇取適合之濾速，在 GAC/石英砂濾床、石英砂串聯 GAC 濾床之濾速控制，特別著重在較利有機物去除之試驗條件。(2)反沖洗

方法及頻率：採壓縮空氣與反洗水並用方式，在濾床下部設空氣孔，藉高壓空氣配合較低流速之反洗水，達到濾床反沖洗功效及避免濾料擾動流失。(3)空床接觸時間(EBCT)；GAC/石英砂濾床以 EBCT=12 分鐘為操作條件，石英砂串聯之 GAC 濾床控制 EBCT=12 分鐘，石英砂濾床則為 15 分鐘。

各組濾床進、出流水分析參數包括：濁度、溶解性有機碳(DOC)、三鹵甲烷生成潛能(THMFP)。

三、結果與討論

3-1 活性炭對原水及各流程處理水之有機物吸附效率

本項實驗主要篩選 4 種不同性質的商業化顆粒活性炭(GAC)，針對(一)原水、(二)原水→前氯→混凝沉澱、(三)原水→前二氧化氯→混凝沉澱等水樣進行動力吸附試驗。圖 2 顯示五種 GAC 對原水之吸附動力結果，原水中有機物(以 DOC 值表示)，在 30 分鐘即有明顯降低，其中以 G-840 及 YUN 二種 GAC 具有較佳吸附效率，G-840 在經 6 小時吸附時間後，DOC 亦有再降低趨勢，達成吸附平衡之 DOC 值約有 40 % 去除率，此結果顯示原水中之有機物組成可能含有較大分子結構者。根據葉氏及黃氏(1997)對鳳山水庫原水中有機物之萃取分析結果，屬大分子之腐植質、hydrophobic base 及 hydrophobic neutral 合計約佔 29~51 %，因此在實務應用上，本實驗控制之 8 小時吸附時間，仍有某些類有機物無法吸附於 GAC，另 G-840 GAC 在吸附後期對 DOC 再降低的現象，可能是對較大分子有機物達成吸附擴散平衡的結果。

圖 3 是原水經前加氯及混凝沉澱處理後水樣之吸附動力結果，在約 60 至 100 分鐘後四種活性炭均可達到吸附平衡，其中 F-400 具較佳吸附效率，平衡後 DOC 值約降至 1.4 mg/L，去除率為 30 %。比較吸附原水水樣(圖 2)，G-840 對原水 DOC 雖有較佳吸附效果，但在經加氯及混凝沉澱處理後，可能因部份有機物受氯氧化成小分

子或親水性，且混凝沉澱亦將大分子有機物先行去除，導致此前處理水樣之有機物反較易為另一性質之 GAC (F-400) 所吸附。

再者，圖 4 為以二氧化氯(ClO_2)代替前加氯，並經混凝沉澱處理之水樣，進行 GAC 動力吸附結果，各種 GAC 達成吸附平衡時間約在 30 至 50 分鐘，其中仍以 F-400 GAC 具有較佳吸附效率，平衡後 DOC 值約降至 1.1 mg/L，去除率為 45%，與前加氯水樣相較下，GAC 對二氧化氯處理水樣具有較佳吸附效果，此現象是否與 ClO_2 在水中大部份以分子型式存在，與有機物之反應較具選擇性，有機物氧化後之物種較單純等因素有關，仍有待進一步證實。

針對活性碳之恆溫吸附試驗，圖 5 為本實驗篩選五種活性碳對鳳山淨水廠原水的恆溫吸附結果，原水中有機物達平衡後之水中殘餘濃度(C_e)與單位重量 GAC 所吸附之各類有機物量(X/M)，以 Freundlich isotherm 表示：

$$X/M = K C_e^{1/n}$$

$$\log X/M = \log K + 1/n \log C_e$$

有機物以 Freundlich 恆溫式表示吸附特性之各參數值中，K 值代表活性碳對有機物之吸附容量(adsorption capacity)， $1/n$ 表示 GAC 與有機物之吸附鍵結強度(adsorption strength)。一般而言，K 值越大，代表吸附劑對被吸附質之吸附容量越大， $1/n$ 值愈小表示吸附劑與被吸附質間之鍵結愈強(AWWA, 1990)。由圖 5 之各參數值顯示，G-840 及 YUN 兩種活性碳所獲得之 K 值較大，表示對原水中有機物具有較高吸附容量。

圖 6 為比較原水先經氯及二氧化氯氧化再混凝沉澱後，進行 GAC 恆溫吸附結果，原水先經二氧化氯氧化及混凝沉澱後，進行 GAC 恆溫吸附，其中二氧化氯劑量控制在 52 mg/，整體來看 F-400 顯然對二氧化氯及混凝沉澱處理水具有較佳吸附效率。比較前加氯→混凝沉澱及前二氧化氯→混凝沉澱兩流程處理水之吸附結果，顯示 GAC 對前二氧化氯處理水之吸附容量高於前加氯者，此結果與前述之動力吸附曲線相符。

再者，本實驗利用快速小型吸附管柱(RSSCT)，進一步對模廠活性碳之篩選，圖 7 是篩選三種 GAC 對原水→前氯→混凝沉澱處理水樣之吸附飽和曲線，三種活性碳在吸附初期，出流水 DOC 濃度偏高，可能是初期水力狀況不穩定所致。比較三種 GAC 之吸附容量， $F-400 = 3.2 \text{ mg-DOC/g-GAC}$ ， $F-820 = 2.5 \text{ mg-DOC/g-GAC}$ ， $G-840 = 1.7 \text{ mg-DOC/g-GAC}$ ，此結果配合前述之動力及恆溫吸附，顯示 F-400 對鳳山試驗水樣有較佳吸附效率。

3-2 活性碳對人工合成有機物(SOCs)之吸附效率

本項實驗是嘗試利用活性碳，針對人工合成有機物進行恆溫及快速小管柱吸附試驗，選取之吸附目標物為甲苯及 2,4,6-三氯酚(TCP)。圖 8 分別為 F-400 活性碳對兩種化合物之動力吸附曲線(GAC dosage = 100 mg/L，吸附質初始濃度($C_0=200 \mu\text{g/L}$))，甲苯之吸附平衡時間約 50 分鐘，TCP 約 1 小時。此結果與圖 2 之原水有機物動力吸附平衡時間(約 6 小時)比較，顯示甲苯及 TCP 較原水中背景有機物容易被活性碳吸附。本實驗後續之恆溫吸附乃控制 1 小時吸附時間。

圖 9 為甲苯及 TCP 之恆溫吸附曲線，同時利用 Freundlich 恆溫式表示之 k 及 $1/n$ 值，針對甲苯之吸附效率，三種活性碳中以 F-400 及 F-820 較佳，TCP 以 F-400 具較高吸附率。

圖 10 分別為甲苯及 TCP 之小型吸附管柱試驗結果，顯示在進流濃度 110-125 $\mu\text{g/L}$ 、EBCT 控制為 21 min 條件，出流液甲苯之濃度可低於 10 $\mu\text{g/L}$ 。另對 TCP 之吸附，在相同條件下，其吸附效率略低於甲苯。計算兩種有機物達到吸附飽和，GAC 之吸附容量分別為，甲苯：7.8 mg/g-GAC，TCP：5.5 mg/g-GAC。

3-3 模型廠濾床對濁度及有機污染物之去除

圖 11 為模廠三種濾床連續操作三個月出流水之濁度測值，各濾床在啟動初

期，出流水濁度以砂濾→GAC 及 Sand/GAC 較高，濁度測值均在 1.0 NTU 以上，僅略低於沉澱出水，此現象主因是兩濾床之 GAC 填料在操作初期仍有部分雜質釋出，且濾速控制及出水狀況尚不穩定。在進水累積濾量至 2000 倍濾床體積後，發現三種濾床出流水濁度均可低於 0.5 NTU，其中砂濾→GAC 串聯濾床可降至 0.3 NTU 以下，可符合美國環保署(USEPA)「加強表面水處理規則」，濾床出流水濁度低於 0.3 NTU 之要求。圖 12 為比較三濾床出流水之 DOC 測值，首先傳統砂濾單元對 DOC 之去除效果不彰，約僅 20%，砂濾→GAC 串聯濾床及 Sand/GAC 出水之 DOC 濃度在 4000 濾床過濾體積後即呈穩定狀況，平均去除率分別再 72% 及 63%，顯示濾床增添 GAC，可大幅提升 DOC 之去除。惟對於 GAC/砂砂濾床之較佳操作條件，仍須累積較長期數據供研判。

四、結論與建議

(一) 原水經前加氯及混凝沉澱處理後水樣之吸附結果，以 F-400 具較佳吸附效率；但對原水水樣，則以 G-840 較佳，可能是兩種 GAC 性質不同，且有機物受氯氣及經混凝沉澱後組成份及性質改變所致。

(二) 甲苯及 TCP 之小型吸附管柱試驗結果，顯示在進流濃度 110-125 $\mu\text{g/L}$ 、EBCT 控制為 21 min 條件，出流液甲苯之濃度可低於 10 $\mu\text{g/L}$ 。另對 TCP 之吸附，在相同條件下，其吸附效率略低於甲苯。計算兩種有機物達到吸附飽和，GAC 之吸附容量分別為，甲苯：7.8 mg/g-GAC，TCP：5.5 mg/g-GAC。

(三) 模型廠過濾單元試驗之三組濾床，出流水之濁度及 DOC 以砂濾串聯 GAC 濾床最低，而 GAC/砂濾雙層濾料對濁度及 DOC 去除亦明顯較傳統砂濾床良好。

五、誌謝

本研究承蒙台灣省自來水公司補助經費，特此誌謝，對鳳山淨水廠先進之協助亦深表謝意。

參考文獻

- Faust, S. D. and Aly, O. M. 1987, Adsorption Processes for Water Treatment, Butterworths, Boston.
- Chudyk, W. A., Vernon, L., Snoeyink, V. L., Beckmann, D., and Temperly, J. T., 1979, "Activated Carbon Versus Resin Adsorption of 2-Methylisoborneol and Chloroform", J. Am. Wat. Wks. Ass., Vol.70, No.9, pp.529-538.
- Graham, D., 1995, "Characterization of Physical Adsorption Systems, III. The Separate Effects of Pore Size Surface Acidity upon the Adsorbent Capacities of Activated Carbons", J. Phys. Chem., Vol.59, pp.896-900.
- James, M. Montgomery (JMM) Consulting Engineers, Inc., 1985 "Organic," Water Treatment Principles and Design, PP. 352-373.
- Lee, M. C., Snoeyink, V. L., and Crittenden, J. C., 1981, "Activated Carbon Adsorption of Humic Substance", J. Am. Wat. Wks. Ass., Vol.73, No.8, pp.440-446.
- McCafferty, N.D., Callow, L.H., Hoggett, L., Holden, B. and Leadbeater, B.S.C., 2000, "Application of a Method to Quantify Carbonate Precipitated on Granular Activated Carbon (GAC) Used in Potable Water Treatment.
- McCreary, J.J., and Snoeyink, V.L., 1980, "Characterization and Activated Carbon Adsorption of Several Humic Substances, Water Res., Vol.14, pp.151-160.
- Molloh, A.H, and Robinson, C.W., 1996, "Pentachlorophenol Adsorption and Desorption Characteristics of Granular Activated Carbon-II. Kinetics", Water Res., Vol. 30, No. 12, pp. 2907-2913.
- Oda, H., Kishida, M., and Yokokawa, C., 1981, "Adsorption of Benzoic Acid Phenol from Aqueous Solution by

- Activated Carbons-Effect of Surface Acidity", Carbon, Vol.19, No.4, pp.243-248.
- Puri, B. R., 1980, "Carbon Adsorption of Pure Compounds and Mixtures from Solution Phase", Activated Carbon Adsorption of Organic from the Aqueous Phase, Vol.1, I. H. Suffet and M. J. McGuire eds., Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI.
- Puri, B. R., 1983, "Physicochemical Aspects of Carbon Affecting Adsorption from the Aqueous Phase", Treatment of Water by Granular Activated Carbon, M. J. McGuire and I. H. Suffet eds., Advances in Chemistry Series 202, Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.
- Snoeyink, V.L., Lai, H. T., Johnson, J. H., and Young, J.F., 1974, "Activated Carbon: Dechlorination and the Adsorption of Organic Compounds," Chemistry of Water Supply Treatment and Distribution, A. Rubin ed., Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI.
- Suidan, M. T., Suidan, M. T., Chacey, K. A., and Gross, W. H., 1978, "Pulsating Bed Activated Carbon Dechlorination". J. Environ. Eng. Div., ASCE,104, p.1223.
- Summer, R. S., 1986, Activated Carbon Adsorption of Humic Substance: Effect of Molecular Size and Heterodispersity, Ph.D. Dissertation, Dept. of civil Engineering, Stanford University, Stanford, CA.

表 1. GAC 之基本物理性質

Type Specifications	F-400*	F-300*	F-820*	YUB-830**	G-840***
Material	Bituminous coal	Bituminous coal	Bituminous coal	Coconut shell charcoal	Coconut shell charcoal
Particle size (mesh)	---	---	8 x 30	8 x 30	8 x 30
Total Surface area (m ² /g)	950	850	850	>1050	>1000
Iodine number (mg/g)	1000	900	900	>1000	>1050
Hardness(Ball-Pan, % wt.min)	95	95	95	>98%	>98%
Abrasion number(%wt.min)	75	78	75	94	>95
Bulk density (g/ml)	0.36-0.38	0.45-0.46	0.31-0.34	0.49~0.52	0.44~0.48
Ash content(%)	6.0	6.0	7.5	< 3 %	< 3 %
Acid groups* (meq/g C)	0.38	0.39	0.28	0.21	0.18
Basic groups* (meq/g C)	0.23	0.27	0.48	0.57	0.71
pH pzc**	6.2	6.1	---	---	---

* Calgon Carbon CO.

** 良 健

***: 中國炭素

表 2. 各組濾床操作控制條件

操作參數	石英砂濾床	GAC/石英砂濾床	活性炭濾床
濾速 (m/day)	120	100	100
濾料深度 (cm)	60	30/30	60
空床接觸時間 (min)	15	12	12

表 3. 各試程水樣進行 GAC 恆溫吸附之 K 及 1/n 值

試程水樣	GAC Type	K (mg/g)(L/mg) ^{1/n}	1/n	R ²
原水	F-400	2.57	0.2	0.56
	F-820	2.19	0.2	0.86
	G-840	5.65	0.25	0.73
	YUN	4.56	0.02	0.70
原水 → 前加氯 → 混沉 (Alum dosage=30mg/L, Cl ₂ dosage=38 mg/L)	F-300	3.89	0.35	0.81
	F-400	5.47	0.31	0.84
	F-820	4.23	0.28	0.89
	G-840	3.48	0.17	0.93
原水 → 前加氯 → 混沉 (Alum dosage=50mg/L, Cl ₂ dosage=38 mg/L)	F-400	3.63	0.21	0.92
	F-820	3.81	0.19	0.78
	G-840	2.95	0.25	0.83
原水 → 前二氧化氯 → 混沉 (ClO ₂ dosage=3.6mg/L)	F-400	7.45	0.28	0.88
	F-820	6.43	0.22	0.86
原水 → 前二氧化氯 → 混沉 (ClO ₂ dosage=18.7 mg/L)	F-400	11.63	0.31	0.87
	F-820	7.42	0.17	0.72

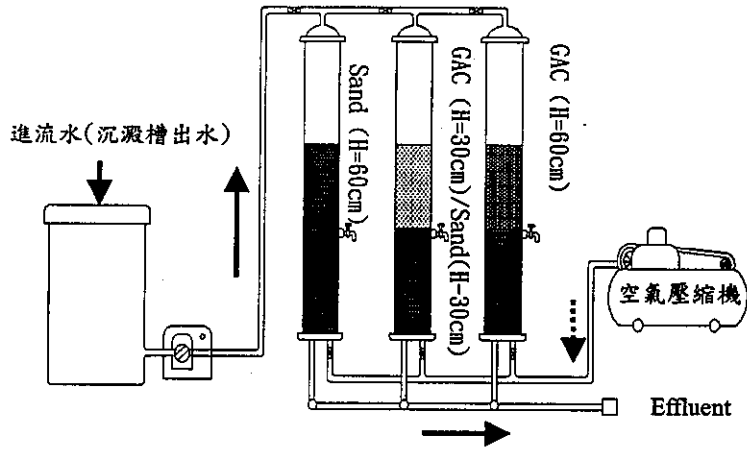


圖 1 模廠過濾單元配置圖

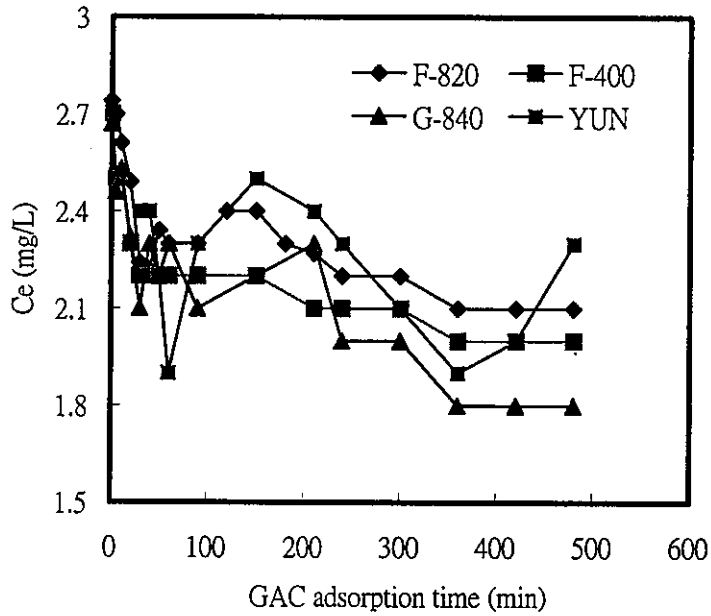


圖 2 活性碳對原水之有機物動力吸附曲線

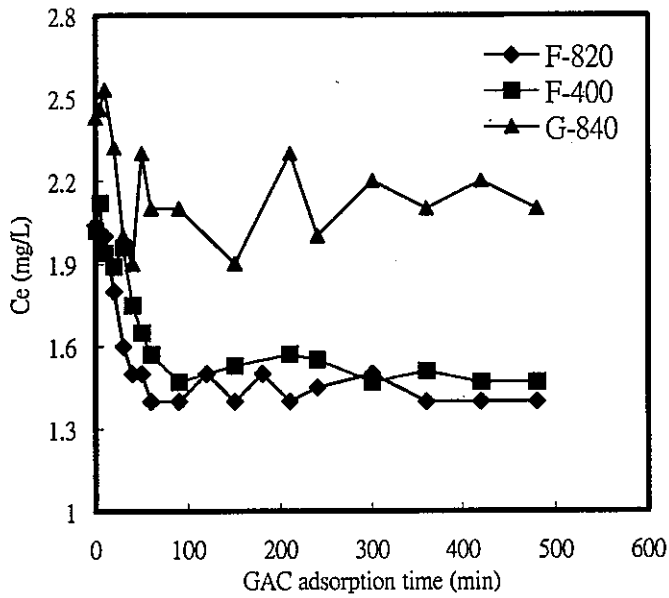


圖 3 活性碳對原水經前加氯及混凝處理水之有機物動力吸附曲線 (Cl₂ dosage = 38 mg/L, alum dosage = 50 mg/L)

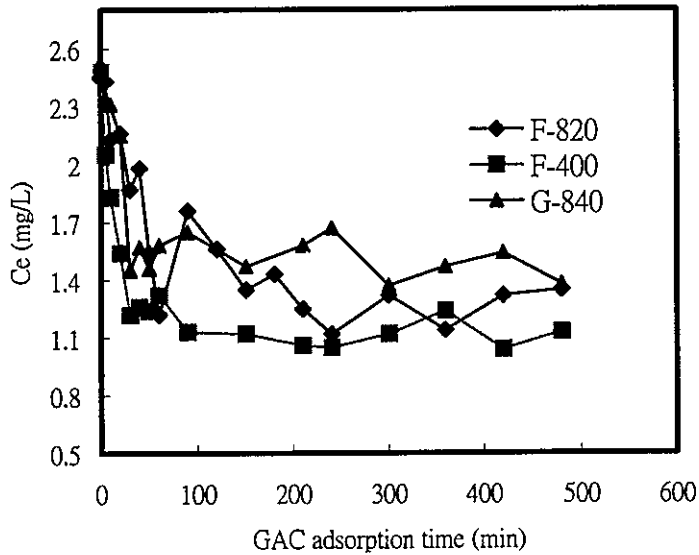
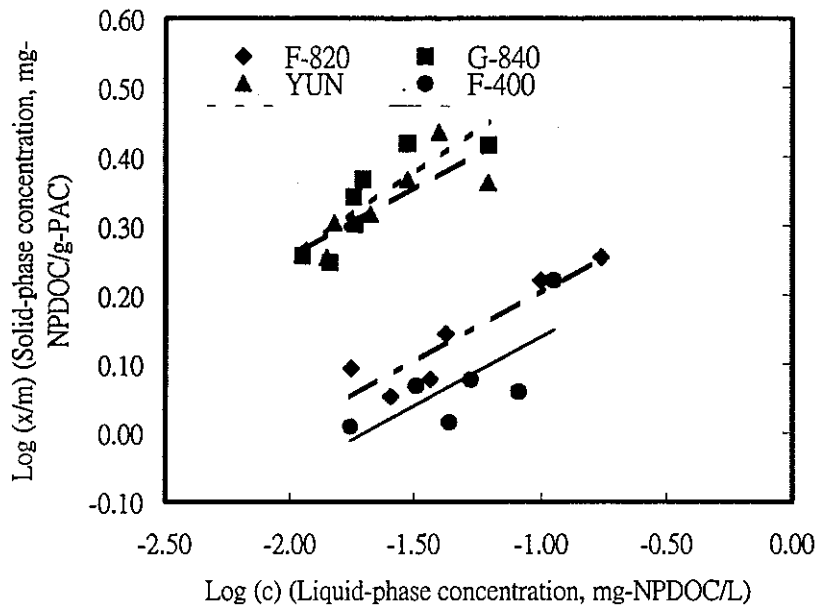


圖 4 活性碳對原水經前加二氧化氯及混凝處理水之有機物動力吸附曲線 (ClO₂ dosage = 38 mg/L, alum dosage = 40 mg/L)



	F-820	F-400	G-840	YUN
1/n	0.2047	0.2008	0.2487	0.023
k	2.57	2.19	5.65	4.56

圖 5 活性碳對原水之有機物恆溫吸附曲線

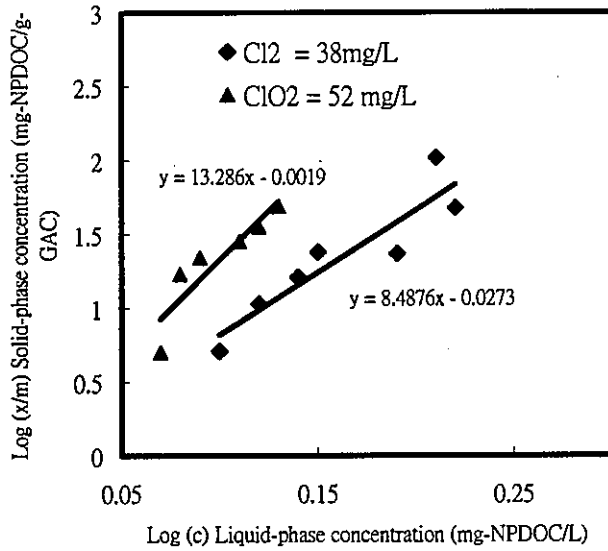


圖 6 比較(1)前加氯→混凝沉澱、(2)前二氯化氯→混凝沉澱兩流程處理水之有機物吸附能力

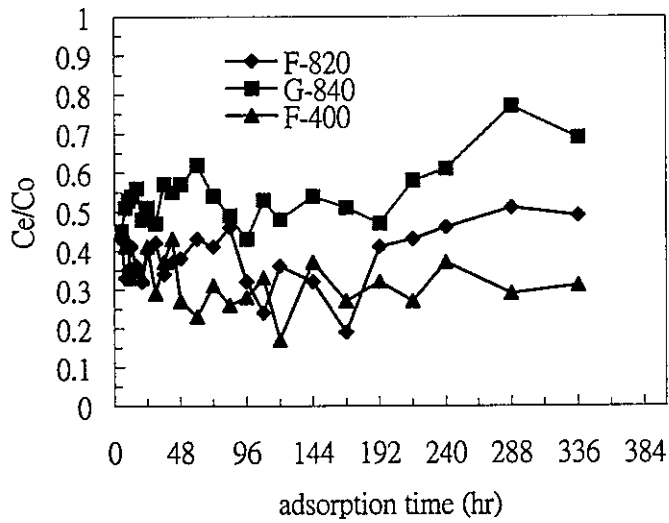


圖 7 活性碳對原水前加氯及混凝沉澱處理水之小型管柱有機物吸附曲線

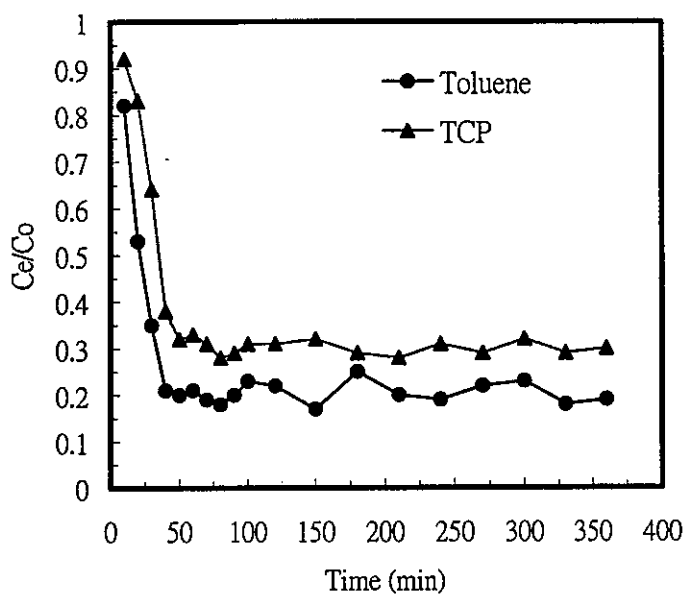


圖 8. F-400 活性碳對甲苯及 TCP 動力吸附曲線 (GAC dosage = 100 mg/L, Co = 200 µg/L)

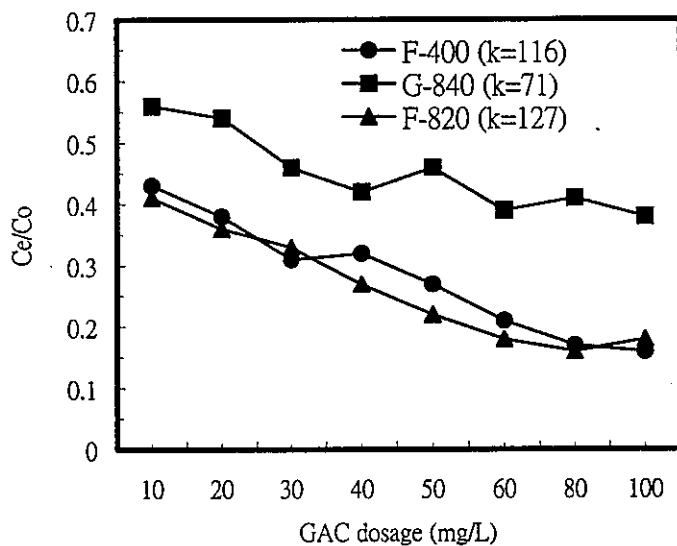


圖 9 各類活性碳對甲苯之恆溫吸附曲線 (Co = 100 µg/L)

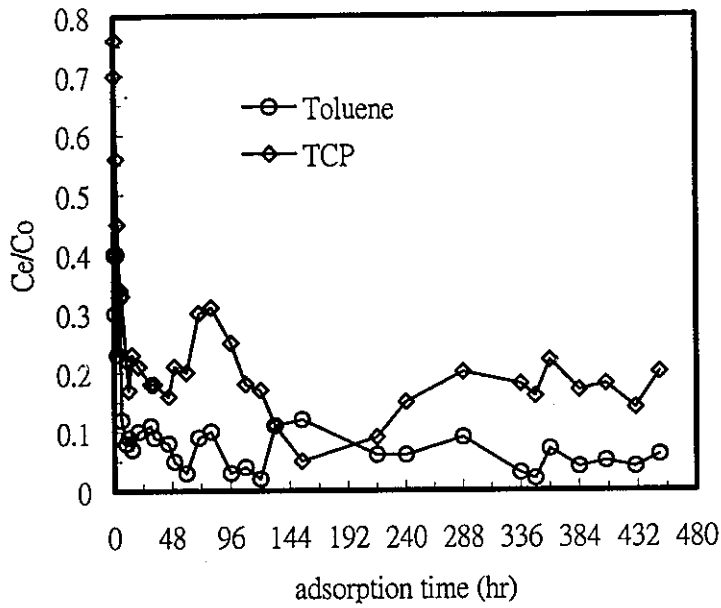


圖 10. F-400 活性碳對甲苯及 2,4,6,-三氯酚之小型管柱
 吸附曲線圖($C_o = 100 \mu\text{g/L}$)

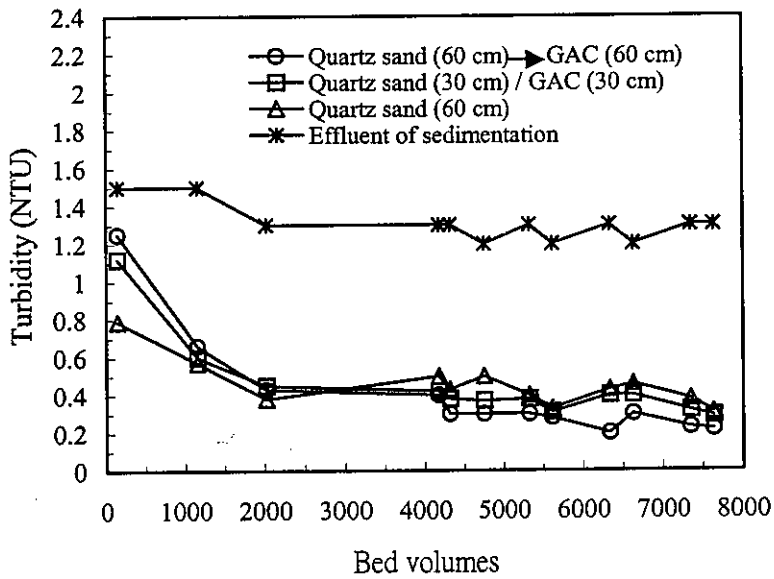


圖 11 模廠操作三組濾床出流水之濁度與沉澱池出流
 水比較

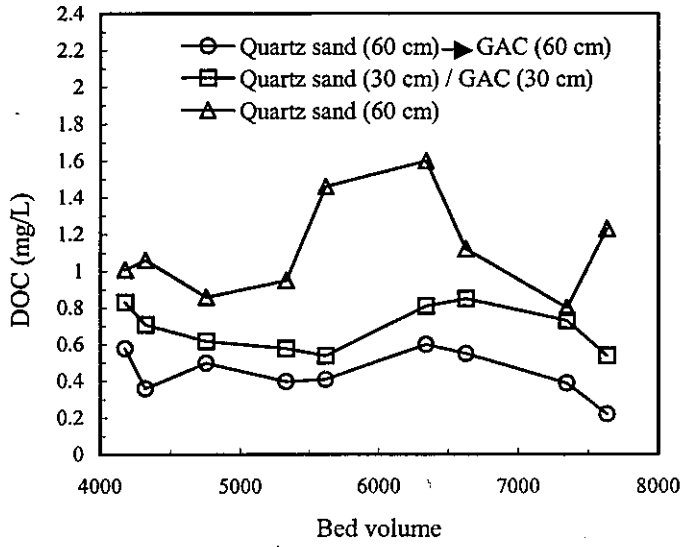


圖 12 模廠操作三組濾床出流水之 DOC 值