

國內現有淨水程序對原水中有機物去除之評估

The Removal of Natural Organic Matter by Conventional Water Treatment Processes in Taiwan

葉宣顯¹ 賴文亮² 陳振正²

摘要

本研究選擇南部地區原水受嚴重污染之數個淨水廠，採集各淨水廠之原水、清水及主要處理單元之出水，分析其溶解性有機碳(NPDOC)、紫外光吸光值(UV_{254})、化學需氧量(COD)值、三鹵甲烷(THM)及鹵化醋酸(HAA)等水質參數。原水、清水中所含之溶解性有機碳則利用 XAD-8 樹脂，加以吸附濃縮，並區分為疏水性(Hydrophobic)及親水性(Hydrophilic)兩大類，期能瞭解原水之有機物性質及其與處理效率間之相關性。

由實驗數據顯示，五座水廠原水之有機物含量親水性之有機物佔約七成，而疏水性有機物僅約三成左右；另「比 UV 吸光值」(SUVA 值， $UV_{254} (m^{-1})/TOC(mg/L)$)，大都小於 2，低於文獻上所報導自然水體 SUVA 值之 2.6，且一般而言，人為污染物之 SUVA 值較低，故推測取水口在河川下游之淨水廠，其原水有受人為污染之疑。至於原水之 TOC 及 COD，均仍在 87 年 2 月環保署所規定原水水質標準限值之下。同時發現原水之 NPDOC 值與 UV_{254} 有良好之相關，換言之，若對某一水源如作較長期之監測，或許可從較易測定之 UV_{254} 值，推測 NPDOC。

由原水、清水之水質分析，顯示 COD 有 50% 左右之去除率，而 NPDOC 去除率甚低，故知傳統淨水程序對有機物之去除，大多以粒狀及膠體狀者為主，對於溶解性有機物之去除偏低，其原因除前述原水中所存在之溶解性有機物以親水性佔多數，不利於混凝去除外，另前加氯使部份疏水性有機物轉變為親水性者，及目前水廠混凝劑加量之決定，仍以濁度去除為主，均是可能之原因。

消毒副產物方面，吾人發現，原水中溴離子之含量，對消毒副產物之生成及其物種之分佈有很大的影響。在相當之 NPDOC 值下，溴離子含量高者，總三鹵甲烷之生成量亦高，且其中含溴物種所佔之比例亦高。目前清水之消毒副產物濃度大多仍符合飲用水水質標準，但依目前清水消毒副產物之濃度及先進國家立法趨勢來看，仍有必要未雨綢繆，就如何降低消毒副產物之生成，預做研究以因應未來更嚴格之水質標準。

1 國立成功大學環境工程學系教授

2 國立成功大學環境工程學系博士班研究生 / 大仁藥學專科學校環境工程衛生科專任講師

一、前言

自然水體之有機質(Natural Organic Matter, NOM)是一複雜且難定義之混合物，其可以溶解性有機碳(DOC)定量其中所含之碳量，或以UV₂₅₄、螢光強度代表環狀結構之性質，或以可形成消毒副產物(Disinfection by-product)之潛勢表之，如 THMFP。許多研究文獻指出，高分子量之腐植質易於化學混凝去除，相反地，低分子量之親水性有機質則不利混凝去除(Collins(1986)；Semmens(1986)；AWWA(1993))。原水經氧化劑，如臭氧及氯氣作用後，因疏水性有機物性質可轉化為親水性者，故混凝去除有機物之效率會降低。

前加氯除不利有機物之混凝去除外，另一衍生之重要問題，為其所形成之消毒副產物。消毒副產物方面，在美國環保署「安全飲用水法案」(Safe Drinking Water Act)1996年修正案之架構下，所提出之消毒劑/消毒副產物規則(Disinfectant/Disinfection by-product Rule)之規定，TTHM(包括氯仿、二氯一溴甲烷、二溴一氯甲烷、溴仿)及HAA₅(一氯醋酸、二氯醋酸、三氯醋酸、一溴醋酸及二溴醋酸)為主要受管制之對象，且第一階段管制值分別為0.08 mg/L及0.06 mg/L，預定在1998年年底正式公告，而第二階段值則暫定為0.04 mg/L及0.03 mg/L，將待「資料收集規則」(Information Collect Rule, ICR)執行完畢後，再基於生物性危害與化學性危害間平衡之考量，而作最後之決定(Potius(1993))，可見先進國家對消毒副產物之立法，有愈來愈嚴之趨勢。

在瞭解消毒副產物形成之過程及其去除方法之後，可知欲控制消毒副產物之生成，最有效的方式為減少消毒副產物前質，而減少消毒副產物雖有加強混凝沉降軟化、吸附及薄膜等程序。對大多數以傳統混凝、沉澱、砂濾處理程序之淨水廠，則以修正傳統混凝程序，以達到較高有機物去除效果之「加強混凝」，最為經濟且便捷(USEPA(1993))。再者，對於原水溴含量高之水廠，溴仿則顯得較氯仿更易形成(Rebhum et al.(1988))，而原水中溴離子對自由餘氯之比值增加時，含溴之THM量也隨之增加(Oliver(1980))，故溴含量對消毒副產物控制之影響應值得重視。

由前述可知，加強混凝對有機物之去除效果受有機物性質及相關水質參數之影響，本研究乃選擇南部地區原水受嚴重污染之數個淨水廠，採集各淨水廠之原水、清水及主要處理單元之出水，分析其溶解性有機碳(NPDOC)、紫外光吸光值(UV₂₅₄)、化學需氧量(COD)值、三鹵甲烷(THM)及鹵化醋酸(HAA)等水質參數。原水、清水中所含之溶解性有機碳則利用XAD-8樹脂，加以吸附濃縮，並區分為疏水性(Hydrophobic)及親水性(Hydrophilic)兩大類。同時記錄水廠當日之操作參數，如加氯量、混凝劑加量及處理水量，以瞭解原水水質及淨水廠操作狀況與有機物去除效率間之關係。

二、實驗流程及分析方法

2-1 實驗流程之規劃

整體實驗規劃之進行方式，首先需瞭解水廠目前之硬體設備及操作程序，並由水廠現場勘查及相關人員之訪談中，得知各水廠所面臨之問題。至於採樣點之選擇，則依現場實際之操作環境，及配合整個計劃目的而定。現場採樣，需記錄當日之加藥量及處理水量，水質分析部份，除水溫、pH（以 pH Meter(Suntex, Taiwan)分析）及餘氯測定需現場完成，其餘各參數之採樣、水樣保存及分析方法，大都依環保署檢驗方法(環保署，1992)之規定，若未規定者，依照美國「水及廢水標準檢驗方法」(APHA, 1995)。

2-2 各水廠之處理及操作程序

2-2-1 澄清湖淨水廠

本廠目前之處理設施可分成三套：第一套淨水程序由舊取水口抽取湖水進入抽水井後，加氯，並導入快混池，再經圓形混凝沉澱池與傳統式快濾池(位於快濾大樓)；第二套淨水程序為自新取水口抽取湖水，導入膠羽池，並在此點預加氯，而後經浮除除藻設備處理，再進入哈丁齊自動反沖洗快濾池；第三套淨水程序為自新取水口抽取湖水，導入快混池同時加氯及混凝劑後，再引入膠凝沉澱池，最後經自動反沖洗快濾池處理；三套淨水程序處理後之清水則匯流至清水池，再加氯消毒。

2-2-2 鳳山淨水廠

鳳山淨水廠水源主要以港西抽水站抽取東港溪表面水，淨水處理流程為，原水進入分水井，並在此處加氯，然後分別進入個別之處理系統。第一套處理設備為自分井水進入混合池，並添加硫酸鋁混凝劑，經脈動式膠凝沉澱池(pulsator)後，上澄液進入快濾池處理，最後清水流入東清水池；第二套處理設備為自分井水進入混合池，並添加硫酸鋁混凝劑，經平底澄清池(flat bottom clarifier)後，澄清水經溢流堰進入快濾池，最後清水流入西清水池。

2-2-3 拷潭淨水廠

拷潭淨水廠由於水源有二，一為高屏溪之地面水及伏流水，二為大寮地區 17 口深井之地下水。因此在前處理程序有明顯之差異，進入分水井之地下水及伏流水，先經氣曝塔處理；而進入水躍池之地表水，則經預氯後，再經膠凝沉澱池，然後兩股水再匯流於混合池，導入迴流池，最後

經快濾池過濾，然後再儲存於清水池。

2-2-4 翁公園淨水廠

翁公園淨水廠之水源主要為廠內之地下水，本廠之操作程序可分成二套，原水首先經氣曝塔，進入沉澱池，再溢流至分水井，之後，一股水先進行加氯，並經快濾池處理，另一股水，則經慢濾池處理，然後分別進入清水池，同時加氯消毒。

2-2-5 山上淨水廠

本廠之水源為抽取曾文溪中游地段表面水，其操作屬傳統之處理程序。原水經水躍池，再經二段之膠凝池及沉澱池，最後經快濾池處理，然後注入清水池；混凝劑之加藥點在混合池及第一段沉澱後，加氯點則在水躍池、第一階段或第二階段沉澱池後。

2-3 各項有機物參數分析

原水中之有機物，依 Thurman(1985)及 Collin et al.(1986)之方法，將有機物分成疏水性(hydrophobic)及親水性(hydrophilic)兩部分，並以溶解性有機碳定量之。現場水樣之 A_{254} 吸收光值之測定，為將水樣先經 0.45 μm 之濾膜過濾，並置於 1 公分光徑石英樣品槽，以分光光度計(Model U-1100, Hitachi, 日本)在 254 nm 之波長下分析。非氣提溶解性有機碳(NPDOC)是利用總有機碳分析儀(Total Organic Carbon Analyzer, Model TOC-5000, Shimadzu, 日本)，以高溫氧化-紅外線法(Combustion-Infrared Method)偵測之。三鹵甲烷是使用 Purge & Trap(Model LCS-2000, Tekmar, 美國)為前處理裝置，而分析儀器是氣相層析儀(Model 3400 Gas Chromatography, Varian, California, 美國)，並以 Electron Capture Detector(ECD)作為檢測器。鹵化醋酸(HAA)分析方法主要採是採用美國環保署「飲用水有機化合物測定方法 Method 552」，本法利用液-液萃取及衍生方式，以 GC-ECD 測定水中之鹵化醋酸及氯酚類化合物含量。

三、結果與討論

3-1 原水水質綜合討論

首先比較所採樣五個淨水廠之原水，由表 1 可見這五個廠原水之 COD 及 TOC (假設 NPDOC 佔 TOC 之 90%) 均在我國環保署公告之飲用水水源水質標準之最大限值內，即 $\text{TOC} < 4 \text{ mg/L}$ ， $\text{COD} < 25 \text{ mg/L}$ 。且表面水之有機物含量較地下水為高，其中又以鳳山及山上兩廠之 NPDOC 約在 2.5

mg/L 為最高。氮氮方面，鳳山廠及拷潭廠之深井水曾超過水源水質標準 1 mg/L 之限值，但大部份原水氮氮之含量亦均大於 0.5 mg/L。另從原水有機物之分離，由圖 1 可見這幾個淨水廠原水中所含溶解性有機物均以親水性者為主，疏水性溶解性有機物僅佔總溶解性有機物之 20%至 30%。根據文獻報告自然水源中親水性、疏水性有機物約各佔 50%。再者由表 1，可見此些原水之 SUVA 值(specific UV absorbance, 即 $UV_{254}/NPDOC$)亦較文獻上所報導自然有機物(NOM)之值 2.6 L/mg-m 為低，而較接近於社區污水二級處理放流水之值 1.4 L/mg-m (Amy & Debroux, 1998)。由以上所述可知此些水廠之水源已或多或少受到人為活動之污染。另將實驗所得原水 NPDOC 值與 UV_{254} 做相關性分析，由圖 2 可見兩者有不錯之線性相關，故若對某一水源有較長期之監測資料，也許可從較易測定之 UV_{254} 值，推測其 NPDOC 值。

表 1 各水廠原水中有機物之替代參數值

| 分析參數 淨水廠 | COD (mg/L) | NPDOC (mg/L) | UV ₂₅₄ (mg/L) | SUVA (L/mg-m) |
|-------------|---------------|-----------------|-----------------------------|------------------|
| 澄清湖 | 8~16 | 1.02~1.52 | 1.9 | 1.3~1.8 |
| 鳳山 | 8.6 | 2.47 | 3.7~5 | 1.5~2 |
| 拷潭(地表水) | 6.8~11 | 0.91~1.45 | 2 | 1.3~2.3 |
| 拷潭(深井水) | 4 | 0.42~1.09 | 0.6~1.0 | 0.9~1.4 |
| 翁公園 | 0.8~8 | 0.14~0.51 | 0.2 | 0~0.8 |
| 山上 | 10~13.6 | 2.1~2.58 | 4.6~5.5 | 2.1 |

■ 疏水性 ■ 親水性

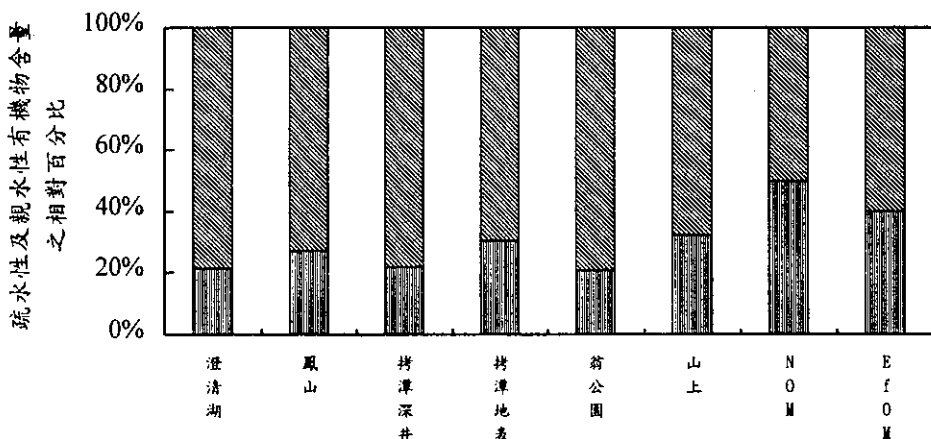


圖 1 各淨水廠原水親、疏水性溶解有機物所佔比例之比較

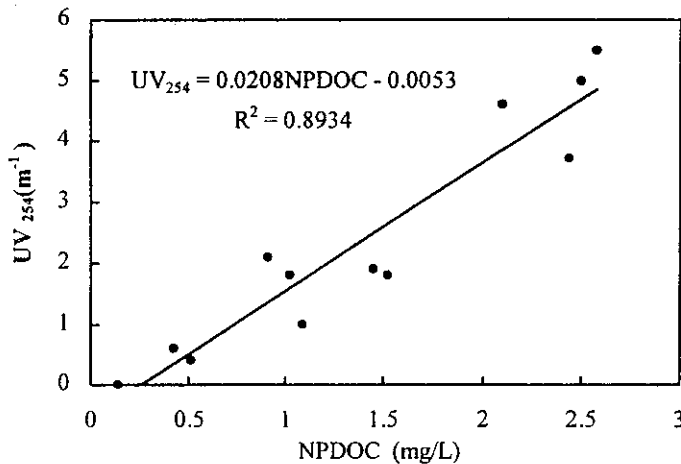


圖 2 各淨水廠中原水中 NPDOC 含量與 UV₂₅₄ 之關係

3-2 清水水質及處理效率綜合討論

表 2 所示為五個淨水廠清水之主要水質參數。其中清水濁度均能符合現行 4 NTU 之飲用水水質標準。但有些清水濁度達 1.5 或 1.8 NTU，已接近飲用水水質標準第二階段（民國 89 年 12 月起適用）濁度 2 NTU 之最大限值。至於自由餘氯方面均能符合現行 0.2-1.5 mg/L 之飲用水水質標準，但有甚多水樣將超過第二階段自由餘氯最高限值 1.0 mg/L 之標準。有機物參數值方面，表 2 顯示清水之 COD 大多較原水為低，而 NPDOC 值則兩者之差異有限。由表 3 更可清楚地看出 COD 之去除率大多在 50% 以上，然 NPDOC 之去除率則甚低。顯然有機物之去除係以顆粒狀或膠體狀者為主，溶解性有機物之去除率甚低。消毒副產物方面，翁公園廠之 TTHM 低於偵測極限，HAA5 之濃度亦只有個位數，拷潭廠 TTHM 小於 20 μg/L，顯示這兩廠清水消毒副產物含量甚低。其餘三廠，TTHM 方面，山上已超過我國現行 100 μg/L 之限值。澄清湖、鳳山雖仍符合我國現行之水質標準，但有時已超過美國 D/DBP Rule 第二階段之限值(40 μg/L)。HAA5 方面，因我國尚無管制值，與美國擬議之管制值比較，鳳山已超過 D/DBP Rule 第一階段之限值(60 μg/L)，而澄清湖及山上則超過第二階段之限值(30 μg/L)。

其次吾人應瞭解水中溴離子(Br⁻)之含量，對消毒副產物之生成，及其物種之分佈有很大之影響，如表 4 所示，鳳山及山上兩淨水廠原水 NPDOC

值相近，鳳山總加氯量較山上高出許多，雖然鳳山氯氮值較高，但扣除與氯氮反應之量，殘餘之氯量仍較加諸於山上者高出許多，然而山上清水之TTHM 仍較鳳山為高。且隨著原水中溴離子濃度之增加，含溴之三鹵甲烷物種之量亦逐漸增加。究其原因，應在於山上原水所含溴離子較鳳山高出許多(332 $\mu\text{g/L}$ 對 93 $\mu\text{g/L}$)，氯可氧化 Br 成為 HOBr，HOBr 再與有機前質反應生成含溴消毒副產物 (Boyce, 1983) 所致。由圖 3 亦可見清水中 TTHM 含溴物種之莫耳數與原水中溴離子濃度有正相關。

表 2 各水廠清水中有機物替代參數、自由餘氯及濁度

| 分析參數 水源 | COD (mg/L) | NPODC (mg/L) | UV ₂₅₄ (m ⁻¹) | 自由餘氯 (mg/L) | TTHM (ug/L) | HAA5 (ug/L) | 濁度 (NTU) |
|------------|---------------|-----------------|---|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 澄清湖 | 2.8 | 1.15~1.54 | 2.0 | 0.9~1.4 | 27.8~44.8 | 33.5 | 0.7~1.0 |
| 鳳山 | 4 | 1.89~2.52 | 3.2~4.1 | 1.1~1.4 | 67.4~78.5 | 63.1 | 0.1~0.6 |
| 拷潭 | 1.6~3.6 | 0.62~1.04 | 0.8~1.3 | 1.2 | 12.5~19 | ND | 0.4~0.9 |
| 翁公園(快) | 0.4~2.4 | 0.17~0.71 | 0.3 | 0.6 | ND | 2.4 | 0.3~0.8 |
| 翁公園(慢) | 1.4 | 0.4 | 0.2 | 0.6~1.1 | ND | 1.3 | 0.3 |
| 山上 | 5.6~7.2 | 2.16~2.36 | 3.0~3.7 | 1.2 | 101 | 3.7 | 0.15~1.8 |

ND: not detected

表 3 各淨水廠 COD 及 NPDOC 之去除率

| 分析參數 水源 | COD | | | NPDOC | | |
|----------------|------|--------|------|-------|------|------|
| | mg/L | | % | mg/L | | % |
| | 原水 | 清水 | 去除率 | 原水 | 清水 | 去除率 |
| 澄清湖(86.10.30) | 16 | | | 1.02 | 1.15 | -13 |
| 澄清湖(87.2.18) | 8 | 2.8 | 65 | 1.52 | 1.54 | -1 |
| 鳳山(86.11.20) | 8.8 | 4.4 | 50 | 2.44 | 1.89 | 23 |
| 鳳山(87.2.18) | 8.4 | 3.6 | 57 | 2.5 | 2.52 | -1 |
| 拷潭地表水(86.12.4) | 11 | 5.2 | 53 | 1.45 | 1.41 | 3 |
| 拷潭地表水(87.2.6) | 6.8 | 3.6 | 47 | 0.91 | 0.91 | 0 |
| 翁公園(86.12.4) | 8 | | | 0.51 | | |
| 快濾池 | | 2.4 | 70 | | 0.71 | -39 |
| 慢濾池 | | 1.2 | 85 | | 0.48 | 5.8 |
| 翁公園(87.2.6) | 0.8 | | | 0.14 | | |
| 快濾池 | | 0.4 | 50 | | 0.17 | -21 |
| 慢濾池 | | 1.6(?) | -100 | | 0.38 | -171 |
| 山上(86.12.18) | 10 | 5.6 | 56 | 2.1 | 2.16 | -3 |
| 山上(87.1.20) | 13.6 | 7.2 | 47 | 2.58 | 2.36 | 9 |

表 4 原水水質、加氯量與所生成消毒副產物物種間之關係

| 水質及操作參數 | | 採樣地點 | | |
|--------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 澄清湖 | 鳳山 | 山上 |
| 原水 | NPDOC,mg/L | 1.52 | 2.5 | 2.58 |
| | NH ₃ -N,mg/L | 0.5 | 4.0 | 0.7 |
| | Br ⁻ ,ug/L | 34 | 93 | 332 |
| 總加氯量, mg/L | | 5.9 | 48 | 9.4 |
| 與氯氣反應外之殘留氯量* ,mg/L | | 2.1 | 18.6 | 4.1 |
| 清水 | TTHMs, ug/L(umole/L) | 44.8(0.318) | 67.4(0.496) | 99.9(0.577) |
| | CHCl ₃ , ug/L(umole/L) | 19.8(0.166) | 41(0.343) | 21.2(0.177) |
| | CHCl ₂ Br, ug/L (umole/L) | 25.0(0.153) | 20(0.122) | 29.2(0.178) |
| | CHClBr ₂ ,ug/L(umole/L) | ND | 6.4(0.031) | 30.6(0.147) |
| | CHBr ₃ , ug/L(umole/L) | ND | ND | 18.9(0.075) |

*與氯氣反應外之殘留氯量(mg/L)=加氯量(mg/L) - NH₃-N(mg/L)×7.6

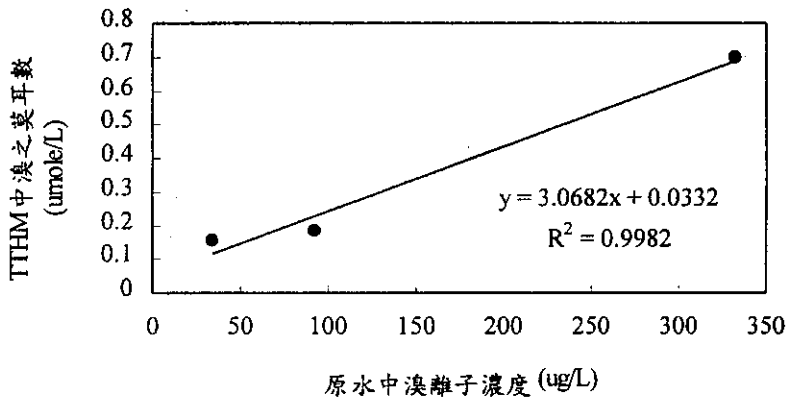


圖 3 原水中溴離子濃度與清水中 TTHM 中含溴莫耳數之關係

3-3 增加有機物去除與降低消毒副產物生成之探討

基於前面之討論，所調查之五個淨水廠清水水質大多能符合我國現行之飲用水水質標準，但為順應國際趨勢，因應未來更嚴格之法規，應探討如何進一步降低清水消毒副產物及餘氯量。而欲達成此一目標，關鍵均在於有機物之去除。消毒副產物前質之去除，為降低消毒副產物最有效之方法(Amy et al., 1998)，且其亦可降低餘氯在配水管網內之損耗，維持系統內餘氯量之穩定。另一降低消毒副產物生成之方法為減少氯與有機前質接觸之機會。目前五個水廠均採用前加氯，使氯在淨水程序之始，即有機會與消毒副產物前質反應，因此各水廠 TTHM 及 HAA5 之濃度均隨著淨水

程序之進行而逐漸增加之趨勢(圖 4, 以山上為例)。再者氯與有機物反應會增加有機物之親水性, 此由圖 5 所示單位原水 NPDOC 之總加氯量與清水中所增加之親水性溶解性有機碳量有正關係, 亦可得到印證, 而親水性有機物之增加更不利於有機物之混凝去除 (Sinsabaugh,1986; Yeh,1993)。因此國內淨水廠欲降低消毒副產物之生成, 首先應考慮將加氯點往處理流程之後頭移動, 同時配合「加強混凝」以先行增加有機物之去除。

然因混凝對有機物之去除, 受有機物本身性質及水質條件之影響甚大, 有些原水中所含有機物並不適宜以混凝去除, 故美國環保署對水廠實施「加強混凝」之要求訂有一些豁免條款, 諸如清水 TOC < 2.0 mg/L, 原水 SUVA 值小於 2 L/mg-m 及清水 TTHM < 40.0 µg/L, HAA5 小於 30.0 µg/L 等。根據本計畫對五個淨水廠原水、清水採樣分析結果: 表 5 為兩次採樣原水之 SUVA 值及清水 NPDOC 值, 表 6 為清水 TTHM 及 HAA5 值, 依前述美國環保署之準則, 五個水廠中需要實施加強混凝試驗, 或者說加強混凝對有機前質之去除可能有效者, 應為鳳山及山上兩廠。

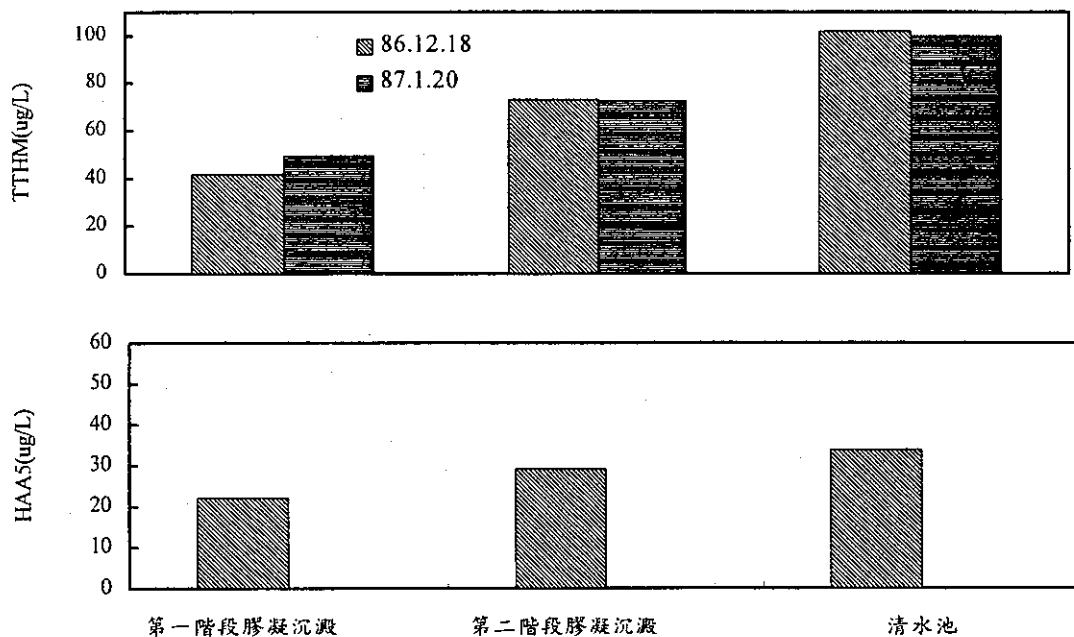


圖 4 山上淨水廠 TTHM 及 HAA 在淨水程序中

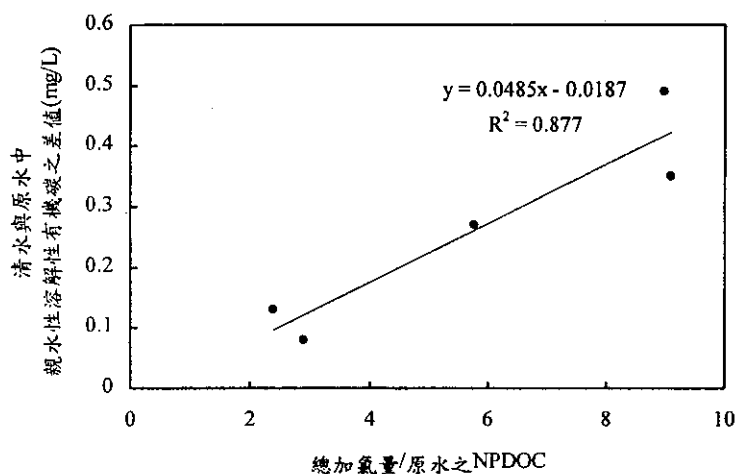


圖 5 加氯量與親水性溶解有機碳增加量之關係

表 5 各淨水廠原水之 NPDOC、UV₂₅₄ 及 SUVA 值

| 水源 採樣梯次 水質參數 | 澄清湖 | | 鳳山 | | 拷潭(地面水) | | 翁公園 | | 山上 | |
|--------------------------------------|------|------|------|------|---------|-------|--------|--------|------|------|
| | 第一次 | 第二次 | 第一次 | 第二次 | 第一次 | 第二次 | 第一次 | 第二次 | 第一次 | 第二次 |
| 原水 | | | | | | | | | | |
| NPDOC (mg/L) | 1.02 | 1.52 | 2.44 | 2.50 | 1.45 | 0.91 | 0.51 | 0.14 | 2.1 | 2.58 |
| UV ₂₅₄ (m ⁻¹) | 1.8 | 2.0 | 3.7 | 5.0 | 1.9 | 2.1 | 0.4 | ND | 4.6 | 5.5 |
| SUVA (L/mg-m) | 1.8 | 1.3 | 1.5 | 2 | 1.3 | 2.3 | 0.8 | ---- | 2.2 | 2.1 |
| 清水 | | | | | | | | | | |
| NPODC (mg/L) | 1.15 | 1.54 | 1.89 | 2.52 | 1.41* | 0.91* | 0.60** | 0.28** | 2.16 | 2.36 |

ND: not detected

* 膠凝沉澱池出流水

** 快濾、慢濾出水平均值

表 6 各淨水廠清水之 TTHM 及 HAA5 濃度

| 清毒副產物 水廠清水池 | 第一次採樣 TTHM(ug/L) | 第二次採樣 TTHM(ug/L) | 第一次採樣 TTHM(ug/L) |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 澄清湖 | 27.8 | 44.8 | 19.0 |
| 鳳山 | 78.5 | 67.4 | 63.1 |
| 拷潭 | 19.0 | 12.5 | NA |
| 翁公園(快) | ND | ND | 2.4 |
| 翁公園(慢) | ND | ND | 1.3 |
| 山上 | 102 | 99.9 | 33.7 |

ND: not detected

NA: not available

四、結 論

- 1、原水水質方面，除有部份淨水廠原水氨氮超過我國現行之飲用水水質標準，有機參數方面之 COD 及 TOC 值，都尚在法規限值之內。但由有機物之組成及性質觀之，這些有機物應係來自人為活動之污染。
- 2、清水水質部份，各淨水廠清水之濁度、自由餘氯均能符合現行飲用水水質標準。但對於民國八十九年十二月一日起施行之第二階段更嚴格之標準，則有待更嚴謹之操作，方能確保時時均能符合法規之要求。
- 3、預氯之實施提早氯與有機物之接觸時機，使消毒副產物之濃度隨淨水程序有逐漸增加之趨勢，因此國內淨水廠欲降低消毒副產物之生成，首先應考慮將加氯點往處理流程之後頭移動，亦即氯應保留做為消毒劑，而非作為氧化劑。
- 4、現行傳統淨水處理程序大多只能去除顆粒狀及膠體狀之有機物，對於溶解性有機物之去除率低。消毒副產物方面，雖然目前之清水之總三鹵甲烷大多能符合飲用水水質標準，但依目前清水消毒副產物之濃度及先進國家立法趨勢來看，仍有必要未雨綢繆，就如何降低消毒副產物之生成，預做研究以因應未來更嚴格之水質標準。而欲控制消毒副產物之生成，首在有機前質之去除，減少其與消毒劑接觸之機會。清水有機物含量低，同時亦將有助於維持配水管網內餘氯量之穩定。
- 5、原水中所含之溴離子有促進三鹵甲烷生成之作用，特別是含溴之物種，且溴離子不被混凝沉澱程序所去除，故溴離子對「加強混凝」降低消毒副產物程序之影響值得重視。

五、誌 謝

本研究計畫承蒙台灣省自來水公司提供經費補助，始得完成；計畫執行期間，承蒙第六區及第七區管理處相關人員熱心提供資料，並協助採樣事宜，一併在此表示十二萬分之謝意。

六、參考文獻

Amy, G. and Debroux, J. (1998) "National Organic Matter (NOM) in Watersheds," Paper presented at the Panel Discussion of the 4th International

- Workshop on Drinking Water Quality Management and Treatment Technology*, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Amy, G. and Debroux, J. (1998) "National Organic Matter (NOM) in Watersheds," Paper presented at the Panel Discussion of the *4th International Workshop on Drinking Water Quality Management and Treatment Technology*, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Ann Arbor, MI. Pontius, F. W. (1993) "D-DBP Rule to Set Tight Standards," *Jour. AWWA*, Vol.85, No. 11, p.22.
- APHA, AWWA, WQF (1995) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition*.
- AWWA Research Foundation (1993) "Characterization of Natural Organic Matter and Its Relationship to Treatability," Chapter 2 in *Analytical and Material*, pp.5~29.
- Boyce, S. D. and Hornig J. F. (1983) "Reaction Pathways of Trihalomethane Formation from The Halogenation of Dihydroxy Aromatic Model Compounds for Humic Acid," *Environ. Sci & Technol.*, Vol. 17, No. 4, pp.202-210.
- Collins, M.R. Amy,G.L. & Steelink,C. (1986) "Molecular Weight Distribution,Carboxylic Acidity, and Humic Substances Content of Aquatic Organic Matter: Implications for Removal During Water Treatment, *Environ. Sci..Technol.*,Vol.20, No.10, pp.1028~1032.
- Oliver, B.G.(1980) "Effect of Temperature, pH and Bromide Concentration on the Trihalomethane Reaction of Chlorine with Aquatic Humic Material," in *Water Chlorination Environmental Impact and Health Effects*, Vol.3., R.L. Jolley, ed., Ann Arbor Science. Ann Arbor,MI.
- Rebhum M. et al. (1990) "THM Formation and Distribution in a Bromide Rich and Ammonia Containing Lake Water," in *Water Chlorination: Environmental Impact and Health Effects*, Jolley, R. L. et al., eds., Vol. 6, Lewis Chelsea. Mich., pp.665-680.
- Semmens, M. J. and Field, T. K. (1980) "Coagulation: Experiences in Organics Removal," *Jour. AWWA*, Vol. 72, No.8 , p.467
- Sinsabaugh III, R. L. et al. (1986) "Removal of Dissolved Organic Carbon by Coagulation with Iron Sulfate," *Jour. AWWA*, Vol. 78, NO. 5, p.74
- Thurman, E. M. (1985) *Organic Geochemistry of Nature Water*, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp.15-17.
- USEPA (1993) *Guidance Manual for Enhanced Coagulation and Enhanced Precipitative Softening*, Chapter 3 in D/DBP Precursor Removal Processes.
- Yeh, H. H. and Huang, W. J. (1993) "The Fate of Dissolved Organics in Water Purification Processes Treating Polluted Raw Water," *Water Science and Technology*, Vol. 27, No. 11, pp. 71-80
- 環保署環境檢驗所 (1992) 「水質檢驗方法彙編」