

# 自來水原水微量有機物變動之偵測

鄭幸雄\*

葉宣顯\*

林燕輝\*\*

## 摘 要

給水水源中微量有機物，經淨水程序之轉化過程，常以傳統性水質指標來判斷，如生化需氧量，化學需氧量及揮發性固體量等，不足以提供淨水程序中有機物轉化之機構資料，更難以解釋各層次處理試程之有機型態轉化途徑。為探討給水原水中腐植質高分子有機物之各種處理程序，茲應用特殊之有機成分分析方法，如總有機碳，紫外光光譜作為檢測指標，配合膠凝體分子篩分法之分離技術與紅外光有機光譜之鑑定，來探討人工原水及天然水中腐植質及蔗糖，經不同處理單元之有機物分子轉換，其官能基變動以及去除機構或處理效率。自來水源受有機物污染，在預氯氧化過程中可能衍生三鹵甲烷之威脅。因此，本研究改用臭氧預先處理，後續填充式生物濾床，以分解有機物及氨氮。結果顯示：臭氧預先處理可裂解大分子之有機物轉換為小分子，生物濾床却無法有效分解此類小分子。經由紅外光有機光譜鑑定，顯示原水中腐植質主要官能基有芳香族羥基，醇類碳氧基，苯環狀碳碳共軛雙鍵等。經臭氧七毫克升及四毫克升之分解，芳香族及苯環狀之官能基皆被臭氧破壞，只剩下醇類碳氧基，仍無法被後續之填充式生物濾床分解掉，但氨氮氧化效率佳。

\* 國立成功大學環境工程研究所副教授

\*\* 國立成功大學環境工程研究所碩士

## 壹 前 言

本省許多自來水系統之表面水水源因受家庭污水、工業廢水、畜牧廢水之污染，原水中有機物及氮氮含量逐漸增加〔 1 ， 2 〕。氮氮成份如不在前處理加以去除，因微生物作用會消耗砂濾床內溶氧，造成厭氣狀態，某些氧化物質如鐵、錳被還原成溶解狀〔 3 〕再出現於淨化水中。目前國內淨水廠大多採用預氯法氧化污染有機物、氮氮以及原水中微生物，以減輕淨水過程中混凝劑加藥量及過濾槽之水力負荷。天然表面水有機物大多是腐植質類，此物質在淨水程序中與氯作用，會生成三鹵甲烷 ( trihalomethanes ) 類之致癌性物質〔 4 〕。國外文獻資料指出原水氮氮含量超過 0.5 mg / l 者，已不适宜使用預氯法〔 5 〕。根據調查本省自來水原水之氮氮含量已超過此一數值〔 1 ， 2 〕。應儘速謀求預氯處理法之替代方案，以確保飲用水之安全性。

本研究以臭氧預先處理配合填充式生物濾床取代預氯法。臭氧預先處理可破壞難分解之有機物，使有機型態改變，增進生物分解性，此外，臭氧可提高水中溶氧濃度，將有助於填充式生物濾床喜氣微生物之硝化作用。

傳統式水質指標，如生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體量等，不足以提供有機物轉換之機構資料。對非揮發性的有機物，應用膠凝體層析 ( Gel chromatography ) 之生化分離技術，配合以紫外光吸光度及總有機碳作為新水質分析指標，分離出大小分子量有機化合物之分佈範圍，進一步了解淨水程序有機分子之變動；輔以紅外光有機光譜鑑定，由官能基之變動，推論各處理單元對微量有機化合物成份之轉化。

本研究之重點，即使用精確分離技術，探討腐植酸等有機物成份與化學性質之變化，評估臭氧預先處理，填充式生物濾床及化學混凝等程序對有機物消長之處理能力。

## 貳、文獻回顧

### 一、生物處理程序進出流水腐植質之型態

許多學者曾研究污水處理廠二級出流水溶解性有機物質的組成，其中 40%~50% 的有機物是腐植質，包括 humic, fulvic 及 humathomelanin acids，而 fulvic acid 是三者中最主要的分類。其餘的有機物質組成包括：ether extractables ~ 8.3%；anionic detergents ~ 13.9%；carbohydrates ~ 11.5%，protein ~ 22.4% 及 tannin ~ 1.7% 等有機比例。Painter 等 [ 6 ] 和 Bunch 等 [ 7 ] 首先使用溶劑萃取技術，定性和定量分析污水原水和二級放流水中溶解性有機物；前者僅鑑定 32% 溶解性物質 [ 6 ]，後者分離出家庭污水之二級出流水中之有機物質 35%，仍有 65% 之有機物質無法鑑定 [ 7 ]。Rebhum 和 Kaufman 認為從 painter 和 Bunch 分離系統中未被鑑定的有機物主要是高分子量化合物 [ 7 ]。philips [ 8 ] 指出喜氣生物處理放流水中存有含碳質很高之惰性腐植質，這些物質不適於生物分解。

### 二、生物處理程序中腐植質之轉換

膠凝體分子篩分法 ( gel permeation chromatography ) 被大多數研究者廣泛應用於探討有機化合物在生物處理程序中分子量分佈，轉換及去除效率等，藉此了解處理機制對有機分子之影響。Dewalle 和 Chian [ 9 ] 應用逆滲透膜 ( reverse osmosis ) 和超微膜濾 ( ultrafiltration membrane ) 濃縮及分離活性污泥出流水中之有機物質，並應用分子篩分法探討濃縮之有機物質分子量分佈之變化。Keller 等 [ 10 ] 應用透膜過濾 ( membrane filtration )，膠凝體分子篩分法，碳吸附層析法 ( carbon adsorption chromatography ) 和離子交換層析法 ( ion exchange chromatography ) 探討二級出流水之有機特性。Tambo 和 Kamei [ 11 ] 曾應用紅外光有機光譜分析河水與生物處理水中殘餘之難分解性有機物，結果顯示兩者在處理前後之有機特性相近。Manka [ 9 ] 分離二級出流水中之腐植酸確定大部分分子量之分佈為 10,000 ~ 50,000，而黃酸分子量分佈為 1,000 ~ 5,000。Chian [ 12 ] 曾研究喜氣生物分解，有機物分子量低於 100 之部分會減少，高分子量之腐植酸和腐植質碳水化合物之比例會增加，因生物程序可分解小分子有機物，同時生物合成高分子產物。

### 三、生物處理出流水中腐植質之去除

Zuckerman 等 [ 13 ] 使用石灰之化學處理法去除二級出流水中分子量大於 1,200 之有

機分子；粉末活性炭吸附分子量小於 400 之有機分子，Kim 等〔 14 〕使用透膜超過濾分離二級出流水之有機物，實驗結果顯示活性污泥系統水力停留時間 0.8 天～ 12.3 天，高分子有機物可被活性炭吸附去除；分子量在 500 以下之分子無法被吸附滅除。Chian 等〔 9 〕應用逆滲透（R.O.），超過濾（U.F.）和 sephadex G-75，Sephadex G-25 膠凝體溶離二級出流水中溶解性有機分子，實驗結果顯示：在批次處理系統（batch system）吸附在活性炭管柱內之有機物分子量的範圍為 100～10,000，稱為植腐酸物質（fulvic acid-like material）；此外極性有機化合物之低分子量及大於 50,000 之高分子量植腐質碳水化合物（humic carbohydrate-like material）皆難以被吸附在活性炭上。

## 叁、實驗設備與方法

### 一、實驗設備

本實驗設備以膠凝體分子篩分析為主體，主要設備為下列項目，圖 3—1 是膠凝體篩分層析之實驗裝置。

1. Sephadex G-25，Sephadex G-75 膠凝體：

G-25 分子量篩分範圍：100 ~ 5,000；G-75 分子量篩分範圍：10,000 ~ 50,000。

Pharmacia Fine Chemicals 產品，Uppsala，Sweden。

2. 層析管：C 26 / 100，直徑 26 mm，長度 100 cm，一支 Pharmacia Fine Chemicals 產品，Uppsala，Sweden。

3. 分部集樣器 (Fraction Collector FRAC-100)：可作定時，定容積收集，本實驗採定容積收集，每回收集九十支，每支試料體積為 6 ml。

Pharmacia Fine Chemicals 產品，Uppsala，Sweden。

4. Adaptor AC-10：使移動相 (mobile phase) 之析出液均勻流入層析管，可隨填充之膠凝體高度調整。

5. 微量馬達 (PERISTALTIC pump p-1)：控制流速 Pharmacia Fine Chemicals 產品，Uppsala，Sweden。

6. 總有機碳分析儀及非分散紅外線分析儀 (TOC & NOIR ANALYZER)。

Beckman Instruments，Inc，California，U. S. A.

7. 紅外光光譜儀 (Infrared spectrophotometer，Hitachi 260-30 型)。

### 二、實驗方法

#### 1. 人工原水之配製

一般河川天然水或湖泊含腐植質，醣類，氮氮物質，本研究為模擬天然水水質，以人工原水為試驗對象，吾人使用腐植酸濃度為 2500 mg/ℓ 貯存液，氮氮以氯化銨配製 1000 mg/ℓ 濃度之貯存液，天然水中人為污染之有機質則選定蔗糖。配製濃度為 1000 mg/ℓ 之貯存液備用。

#### 2. 實驗程序

本實驗以人工原水含 10 mg/ℓ 腐植酸，5 ppm 蔗糖，2 ppm 氮氮，經臭氧前處理 (臭氧加藥量分別為 7，4，1 mg/ℓ) 再經填充式生物濾床試程 (濾速為 100 m/d) 及混凝作用，探討溶解性有機物轉換之變化，其簡要試程如圖 3—2 所示。圖 3—3 為各處單元進出

流水試樣之分離步驟。

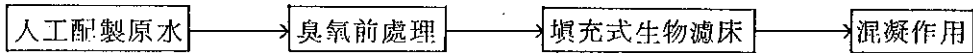


圖 3—2 試驗程序

### 3. 試樣分析

本試驗以總有機碳 (TOC)，紫外光吸光度 (A<sub>254</sub>，A<sub>290</sub>) 做為水質分析指標。A<sub>254</sub> 及 A<sub>290</sub> 分別表示水樣在 254 nm 及 290 nm 波長照下之吸光度，與有機物質之濃度成正比。TOC 之測定方法是預先使用磷酸加入溶液中降低 PH 值至 1~2，以純氮通入試樣中排除溶液中之無機碳 (IC)，再將試樣注入 950°C 高溫管之 TOC 儀，有機碳被高溫氧化成 CO<sub>2</sub>，以 IR 偵測定量為 TOC。紅外光有機光譜之分析乃取固體試樣 1~2 mg，溴化鉀 50~60 mg，使用研磨器混合研磨成精細粉狀，將粉末試樣壓製成透明薄片予以偵測。

### 4. 膠凝體分子篩分析率定曲線之備製

分子溶出次序以分配係數 (distribution coefficient) Kav 作為參數，Kav 值範圍 0~1，其關係式如下：

$$K_{av} = \frac{V_e - V_0}{V_t - V_0}$$

V<sub>e</sub> 值是有機物溶出體積 (以 ml 表示)，V<sub>t</sub> 值是填充膠凝體總體積 (管柱底面積與膠凝體填充高度之乘積)，V<sub>0</sub> 是 Blue Dextran 之排出體積 (以 ml 表示) 因為 Blue Dextran 是一種極大有機分子無法擴散至膠凝體內部且對膠凝體無吸附性，其排出體積等於層析管孔隙體積。本試驗膠凝體分子篩分析之操作條件，如表 3—1 所示。層析管孔隙體積 V<sub>0</sub>，以 Blue Dextran 2000 (M. W. = 2 × 10<sup>6</sup>) 之溶出體積表之。Sephadex G-75 層析管之率定曲線使用 Bovin Serum Albumin (M. W. = 67,000)，Ovalbumin (M. W. = 43,000)，Chymotrypsinogen A (M. W. = 25,000)，Ribonuclease A (M. W. = 13,700)，polyethylene Glycol (M. W. = 4,000) 等五種已知分子量之標準劑進行溶離，溶離的次序由分子量大至小排列 [15]。每支試管析出液以 A<sub>280</sub> 或 TOC 檢測，其溶離曲線圖如圖 3—4 所示，根據率定參數 Kav 和分子量之關係，可在半對數紙上做率定曲線，如圖 3—5 所示。依照 Kav 分布之範圍把溶出次序分為六個族群 (Group 1~6)，如表 3—2 所示。相同原理適用於 Sephadex G-25 層析管之率定曲線，其六種標準試劑分別是 Blue Dextran 2000 (M. W. = 2 × 10<sup>6</sup>)，Polyethylene Glycol (M. W. = 4000)，Polyethylene Glycol (M. W. = 400)，Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>，M. W. = 180)，Phenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH，M. W. = 92)，其溶離曲線與率定曲線分別視圖 3—6，圖 3—7。根據 Kav 與分子量之分布分為五個族群 (Group 1~5)，如表 3—3 所示。

表 3-1 膠凝體分子分析之操作條件

Sephadex 型式	G-75, G-25
管徑尺寸	2.6 cm × 100 cm
試料體積	5 ml
溶媒	膜濾脫鹽純水
溶媒流速	Sephadex G-75: 75 ml/hr Sephadex G-25: 85 ml/hr
膠凝體填充高度	84.7 cm
收集管數	90 支
每支管體積	6 ml
層析管孔隙體積	Sephadex G-75: 144 ml Sephadex G-25: 192 ml

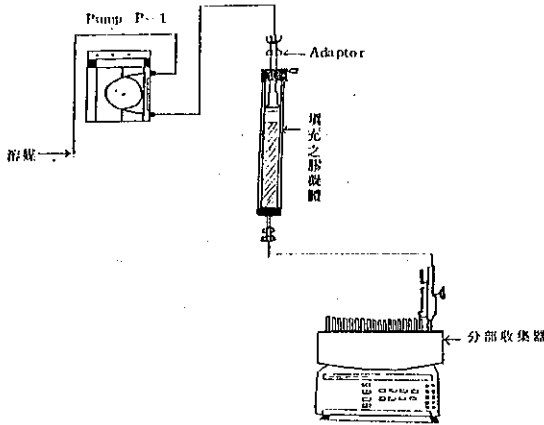


圖 3-1 膠凝體色層分析試驗

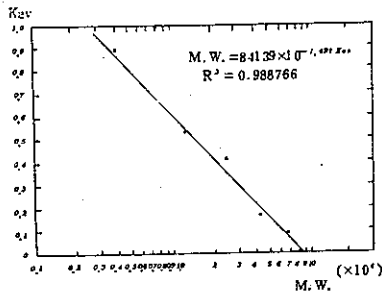


圖 3-5 Sephadex G-75 分子量率定曲線

表 3-2 Sephadex G-75 溶出次序之族群分類

Group NO.	1	2	3
Kav	小於 0.078	0.078 ~ 0.157	0.157 ~ 0.412
M.W	大於 $6.7 \times 10^4$	$6.7 \times 10^4 \sim 4.3 \times 10^4$	$4.3 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^4$
Group NO.	4	5	6
Kav	0.412 ~ 0.529	0.529 ~ 0.88	大於 0.88
M.W	$2.5 \times 10^4 \sim 1.37 \times 10^4$	$1.37 \times 10^4 \sim 4000$	小於 4000

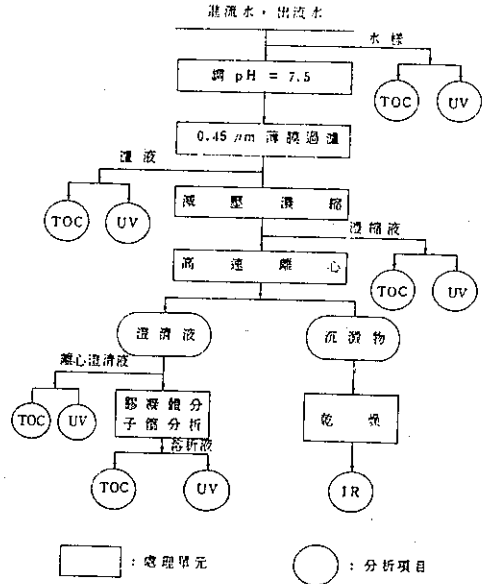


圖 3-3 各處理單元濾出汽水試樣之分析程序

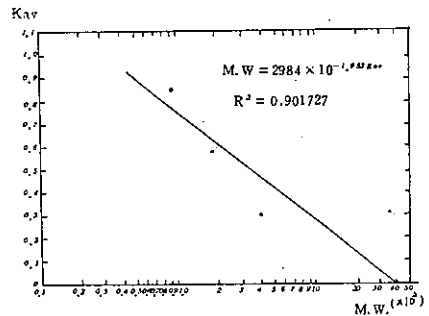


圖 3-7 Sephadex G-25 分子量率定曲線

表 3-3 Sephadex G-25 溶出次序之族群分類

Group NO.	1	2	3	4	5
Kav	小於 0	0 ~ 0.3	0.3 ~ 0.58	0.58 ~ 0.93	大於 0.93
M.W	大於 4000	4000 ~ 400	400 ~ 180	180 ~ 92	小於 92

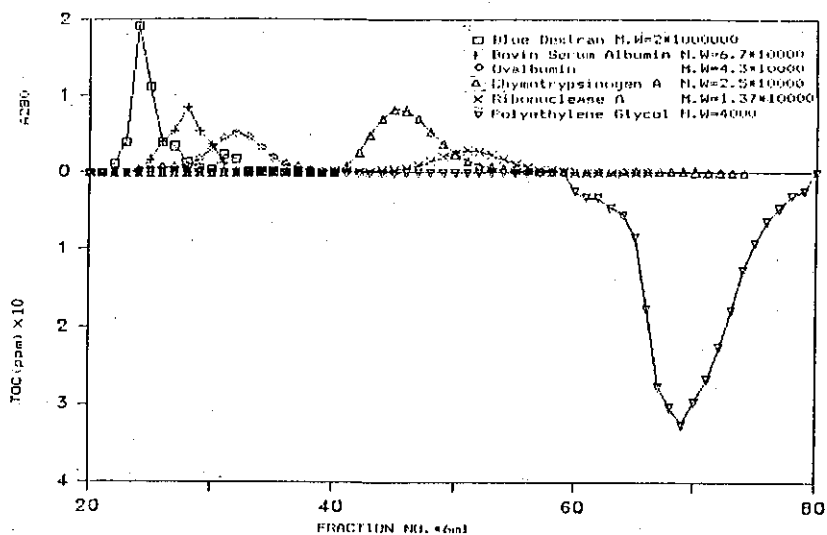


圖 3-4 Sephadex G-75 膠凝體層析管之標準劑溶出圖

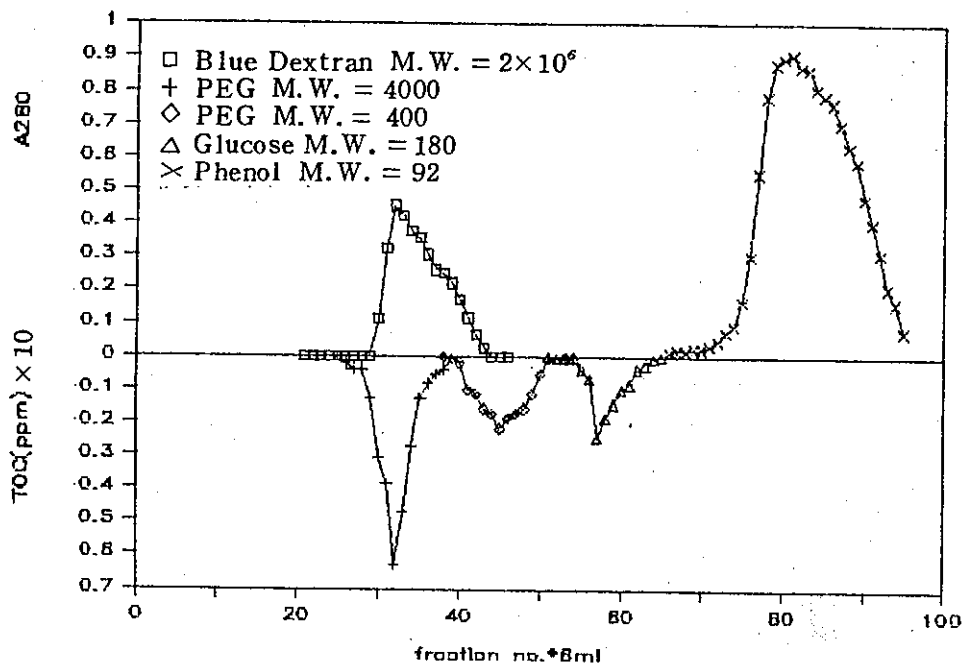


圖 3-6 Sephadex G-25 膠凝體層析管之標準劑溶出圖

## 肆、結果與討論

### 一、Sephadex G - 75 之分劃分子量族群

人工配製原水包括 10 ppm 腐植酸，5 ppm 蔗糖，2 ppm 氨氮，因濃度太低，無法直接進行層析，須先經過濾、濃縮、離心等步驟，取得溶解性有機物進行 Sephadex G-75 之層析，所得結果示於圖 4—1，試料有兩個分離性良好且明顯的尖峯，分別落在族群二與族群六。族群二屬於大分子部份，其分子量在 50,000 以上，族群六屬於小分子部分，其分子量小於 4,000，其總有機碳所佔比例分別為 69.21% 及 30.79%，其吸光度與總有機碳有對應關係，此項說明族群二為腐植酸分子之分佈，族群六為一部分腐植酸分子與蔗糖分子之分佈，Sephadex G-75 對分子量小於 342 之蔗糖分子不具篩分能力。以 254 nm 及 290 nm 波長吸光度所測層析之試料其溶離分佈大致相同，說明腐植酸特性光譜在紫外光吸收波長範圍（220 nm ~ 280 nm）內。當臭氧加量為 4 mg/ℓ 所得結果如圖 4—2 分子量分佈情形與臭氧加量 1mg/ℓ 相似，只有一個尖峯其分子量分佈仍在 3600 左右。圖 4—2 顯示，254 nm，290 nm 波長的吸光度往右偏移（分子量變小）的現象，說明臭氧加量 4 mg/ℓ 裂解腐植酸分子成為小分子較多。當臭氧加量 4 mg/ℓ 之生物濾床出流水層析示於圖 4—3，比較圖 4—2，則圖 4—3 中 254 nm 波長之吸光度有略為向右移並減少之現象，顯示生物程序去除些微分子量在 2700 左右，且具有紫外光顯性之腐植酸分子，變化量不大。生物濾床進出流水有機光譜形狀類似，證明此系統中之微生物難以分解經臭氧裂解之有機物，其生物作用之總有機碳去除率僅有 15% ~ 20% 左右。

### 二、Sephadex G - 25 之分劃分子量族群

#### 1. 人工泡製原水

人工泡製原水包括 10 ppm 腐植酸，5 ppm 蔗糖，2 ppm 氨氮經層析結果如圖 4—4 所示。試料有兩個明顯尖峯；第一尖峯集中在族群二，分子量在 5000 以上，屬於腐植酸大分子部分，總有機碳佔 79%；第二尖峯集中在族群三，分子量分佈在 400 左右，總有機碳佔 21%，其中只有些微吸光度被偵測，可知此族群大多屬於蔗糖小分子之分佈，僅有極少部分為腐植酸小分子。觀察 254 nm 與 290 nm 二者波長吸光度之分子量分佈型態互相類似，表示此二種波長之吸光度可作為溶解性有機物之水質分析指標。族群二 TOC 與  $A_{254}$  之比例為 112 : 1，族群三 TOC 與  $A_{254}$  之比例為 108 : 1，可見總有機碳濃度與  $A_{254}$  吸光度間有良好之相關性。

#### 2. 臭氧前處理出流水

臭氧加量 4 mg/ℓ 時，其層析結果如圖 4—5 所示，族群二分子量在 2700 左右，族群三分子量在 600 左右，族群四低分子量範圍在 180 左右，其 TOC 所佔比例分別為 40.5%

， 31.9% 及 27.6%，其 TOC 與 A<sub>254</sub> 比例分別為 107 : 1， 158 : 1 及 208 : 1 比較圖 4—4 與圖 4—5，族群二之 TOC 從原水之 79% 降至臭氧出流水之 40.5%，臭氧大約裂解二分之一腐植酸，被裂解之分子：一部分變動為族群三，一部分變至族群四，在族群四出現之有機分子型態，由分子量範圍 180 ~ 92 得知，包括蔗糖被臭氧裂解或葡萄糖或果糖及一部分腐植酸被裂解之小分子。

### 3. 臭氧作用之生物濾床出流水

臭氧加量為 4 mg / ℓ 之生物濾床出流水經層析結果如圖 4—6 所示，有機物分佈在族群二、三與四其 TOC 所佔比例分別為 46.9%， 30.6% 與 22.5%，又 TOC 與 A<sub>254</sub> 之比例各為 114 : 1， 125 : 1 與 83 : 1。比較圖 4—5 和圖 4—6，此生物濾床碳異營菌無法很有效分解低分子之有機物。TOC 分佈結果顯示，中間分子量部份 (M. W. = 600 左右) 在生物濾床試程前後，所佔比率幾乎不變 (31% 左右)，而高分子量部份 (M. W. = 2700 左右) 之 TOC 比例由 40.5% 增至 46.9%，此乃生物進行有機合成作用；而低分子量 (M. W. = 180 左右) TOC 比例由 27.6% 降至 22.5%，此乃生物分解少部分有機分子。根據 Zuckerman & Molof (1970) 之研究指出，生物處理使低分子量 400 M. W. 部份消失，而高分子量 1200 M. W. 以上部分增加。鄭幸雄 [16] 曾研究原污水在兩種負荷量 (F / M = 0.33， F / M = 0.69) 情況下，活性污泥處理水中分子量分佈情形，結果發現，高分子量 (M. W. > 18,000) TOC 比率隨負荷量之減少而增加，低分子量部分 (M. W. < 150) 之比率則愈減少，此乃負荷量愈低，微生物停留時間 (M C R T) 愈長，低分子有機物分解徹底，造成高分子量比率愈多，以上研究結果與吾人做層析分離有機物所得結果相符合。

### 4. 臭氧前處理生物濾床出流水之混凝作用

圖 4—7 顯示，臭氧加量 4 mg / ℓ 之生物濾床出流水族群二之高分子量部分 (M. W. = 2700) 及族群三之中分子量部分 (M. W. = 600) 皆可以被化學混凝 (Chemical Coagulation) 去除，僅殘留族群四之低分子量部分。此結果與 Tambo [11] 研究相符合，剩餘族群四小分子量部分 (M. W. = 180) 仍無法被混凝去除。因此生物合成作用有助於化學混凝法去除高分子量有機物之功效。

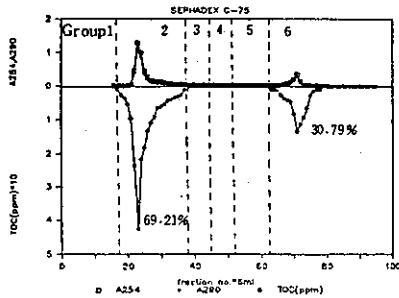


圖 4—1 人工原水以 Sephadex G-75 之層析

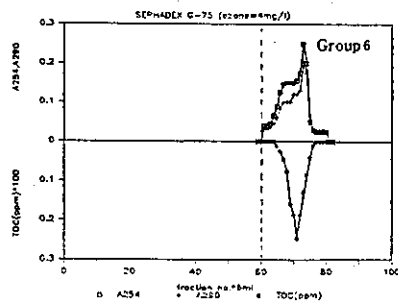


圖 4—2 臭氧處理出流水以 Sephadex G-75 之層析 (臭氧加量 4 mg / ℓ)

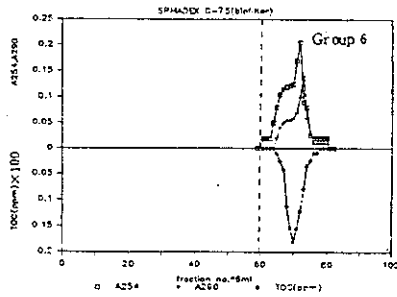


圖 4-3 臭氣前處理之生物濾床出水以 Sephadex G-75 之層析 (臭氣加量 4 mg/L)

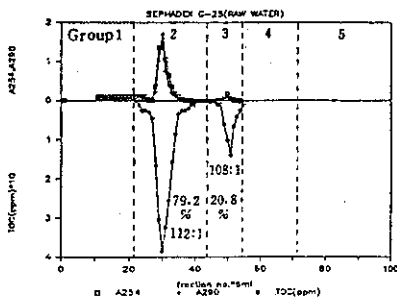


圖 4-4 人工原水以 Sephadex G-25 之層析

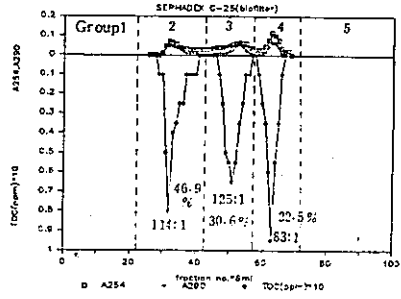


圖 4-6 臭氣前處理之生物濾床出水以 Sephadex G-25 之層析 (臭氣加量 4 mg/L)

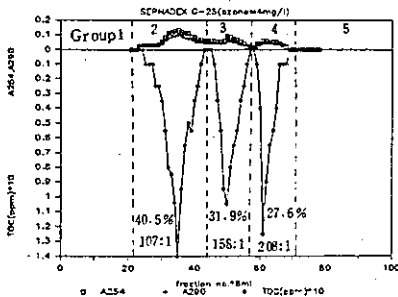


圖 4-5 臭氣前處理出水以 Sephadex G-25 之層析 (臭氣加量 4 mg/L)

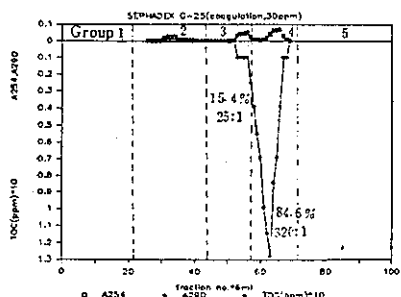


圖 4-7 臭氣前處理生物濾床出水之原液 Sephadex G-25 之層析 (臭氣加量 4 mg/L)

### 三、紅外光有機光譜之鑑定

#### 1. 人工配製原水之光譜

人工配製原水成分包括：腐植酸、蔗糖、氨氮之混合物 IR 光譜如圖 4-8 所示，有很寬重疊之吸收頻率，不似單純有機物之良好解析性。主要吸收頻率  $3400 \sim 3300 \text{ cm}^{-1}$  之芳香族酚類氫鍵伸縮羥基 (OH stretching of H-bonded OH groups)， $2900 \text{ cm}^{-1}$  脂肪族醛類碳氫伸縮官能基 (aliphatic C-H stretching groups)， $1570 \text{ cm}^{-1}$  芳香族碳碳雙鍵 (aromatic C=C)， $1400 \sim 1350 \text{ cm}^{-1}$  醇類碳氧基 (alcohol C-O)，其光譜形狀與商用腐植酸相類似，可見原水有機特性以腐植酸成分最顯著。在  $1050 \text{ cm}^{-1}$  多醣類碳氫伸

縮官能基 ( C - O stretching of polysaccharide ) 吸光頻率強度很小，可知在腐植團 ( humic moieties ) 碳水化合物有機特性並不明顯。

### 2. 臭氧前處理出流水之光譜

腐植酸本身是一種無特定分子量與物理化學性質的有機化合物，與臭氧在水中反應至今仍未十分明瞭。根據 Chrostwski [ 17 ] 之研究指出最初臭氧與腐植酸分子上不安定而較具活性部分起反應，就是腐植酸上芳香族部分會先被臭氧破壞；第二部份的氧化是針對較不易被氧化的物質，此物質可能為腐植酸不具活性部份（如分歧式脂肪族之側鏈）或已被臭氧氧化之中間產物。圖 4—9 顯示人工原水經臭氧加量為 4 mg / ℓ 後之光譜，主要吸收頻率是 3400 ~ 3300  $\text{cm}^{-1}$  芳香族酚類羥基，1380  $\text{cm}^{-1}$  三級醇類碳氧基，1100  $\text{cm}^{-1}$  二級醇類碳氧基 ( Alcohols , C - O )，900 ~ 650  $\text{cm}^{-1}$  烯屬羥碳氫基，比較圖 4—8 和圖 4—9 知芳香族類羥基被臭氧裂解部份減少，芳香族類碳碳共軛雙鍵被完全破壞，僅留醇類碳氧基未被破壞，此結果顯示臭氧與腐植酸進行如 Chrostwski 所言第一部分之氧化反應較顯著，第二部份之氧化較不明顯。臭氧處理水經 254 nm 波長測定亦有減少跡象，得知臭氧在第一部分氧化係先裂解腐植酸上芳香族，使其吸光度減少。

### 3. 臭氧作用之生物濾床出流水之光譜

臭氧加量為 4 mg / ℓ 其生物濾床出流水之 IR 有機光譜特性如圖 4—10 所示，其光譜形狀與圖 4—9 相類似，此說明腐植酸有機分子型態雖被臭氧轉換，此生物濾床試程仍無法有效分解小分子型態之醇類，且生物濾床進出流水總有機碳未顯著減少，更證明本試驗所操作之生物濾床試程對有機物去除效率不彰。

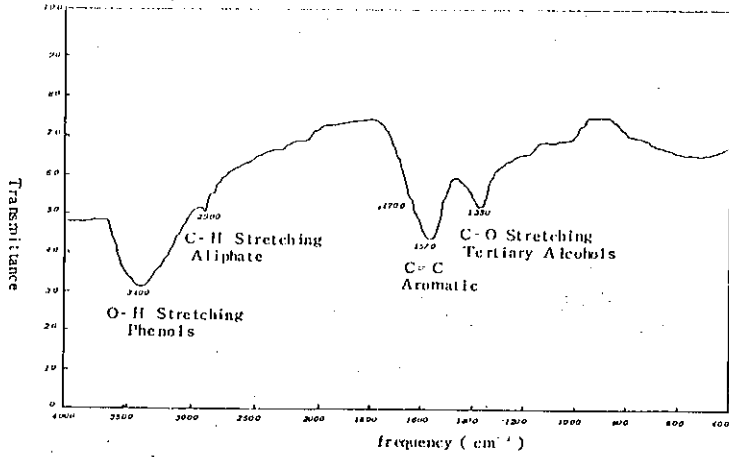


圖 4-8 人工配製原水 IR 光譜

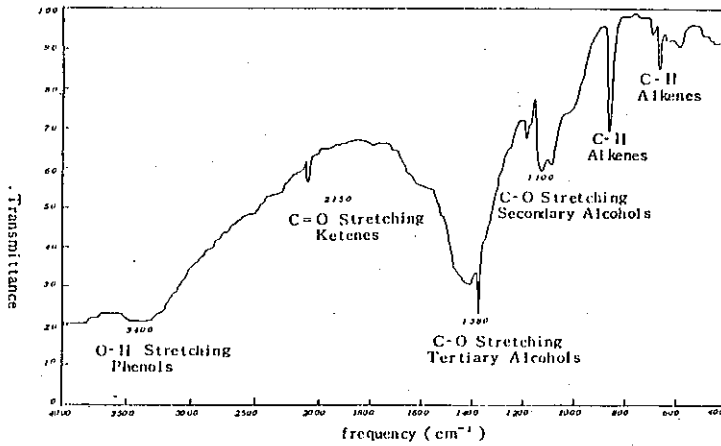


圖 4-9 臭氧處理水 IR 光譜 (臭氧加量 4 mg/l)

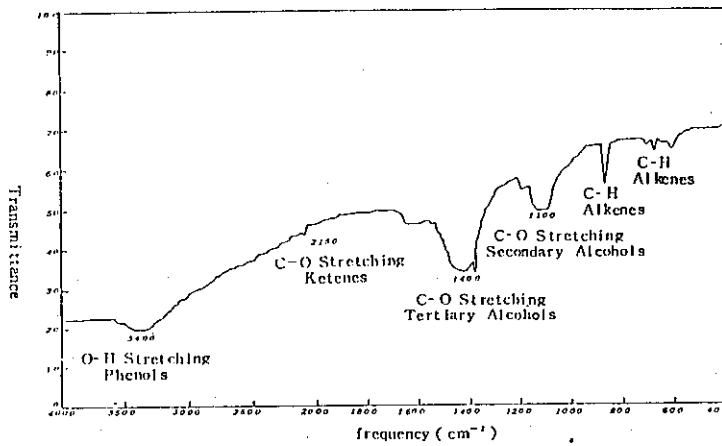


圖 4-10 臭氧作用之生物濾床出流水 IR 光譜 (臭氧加量 4 mg/l)

## 伍、 結論與建議

本研究以臭氧預先處理配合填充式生物濾床替代預氣法作為淨水處理程序，各處理單元進出流水，使用紅外光有機光譜及膠凝體分子篩分法鑑定與分離溶解性有機物。實驗獲致結論如下：

一、紅外光光譜鑑定，溶解性之有機物人工原水主要官能基有芳香族羥基，醇類碳氧基和苯環狀碳碳共軛雙鍵等，經臭氧加量七毫克升，苯環芳香族類官能基被臭氧裂解破壞，轉化為醇類碳氧基；填充式生物濾床仍無法分解上述剩留之醇類碳氧基。

二、人工泡製原水經 Sephadex G-75 膠體篩分層析，腐植酸大分子之分子量在 50,000 以上，小分子在 4,000 左右；臭氧分解為 2700，600 及 180 左右。生物濾床仍無法有效分解消除上述小分子部份。

三、Sephadex G-25 比 Sephadex G-75 對中低分子量有機物更具分離性，依生物濾床處理前後之分子量大小分布，分層解析，探知此程序具有生物氧化分解 (oxidative biodegradation) 及生物合成 (bio-synthesis) 之機構 (mechanism)。

四、以 Sephadex G-25 進行層析，知臭氧預先處理使總有機碳與紫外光吸光度之比值升高，說明此前處理可裂解並氧化部分高分子有機物，是故提高後段濾床之生物分解性。

五、各處理單元前後水樣之分離程序，經質量平衡之估算，有機物之總有機碳回收在 90% 以上，又膠凝體分子篩分法所檢測得溶質回收率亦在 90% 以上，顯示本研究所採用之分析方法可靠性甚佳。

六、TOC、UV、及 TOC/UV 之比值作為新水質檢測指標，其分析方法比傳統水質指標如 BOD、COD 簡單且迅速，更能深入評估水廠各處理單元操作優劣之原因，進一步控制操作參數。

七、臭氧裂解腐植酸之中間產物及衍生物種類繁多，可再行 GC/MS 分析，進一步瞭解其有機成份，並探討臭氧衍生物之致癌性。

參 考 文 獻

1. 台灣省環境保護局，台灣河川水質年報，第七，八期，民國七十二、七十三年。
2. 高擎藩、葉宣顯，自來水水源水質標準研究計畫第一年報告書，國立成功大學環境工程研究所研究報告26號，民國七十一年。
3. Ghosh , M.M. , O'connor , J. J. and Engelbrecht , R. S. , "Removal of Iron from Ground Water by Filtration," J. Amer. Water Works Assn. , 57,878 (1967) .
4. AwwA , Treatment Techniques for Controlling Trihalomethans in Drinking Water , Denver , Colo. , 1982 .
5. 佐藤敦久，"水道における既存施設の改善"，"用水と廢水"，25，3 (1983) 。
6. Painter , H.A. , Viney , M. , and Bywaters , A. , "Composition of Sewage and Sewage Effluent," The Institute of Sewage Purification , London (1960) .
7. Bunch, R.L. , Barth, E.F. , and Ettinger , M. B. , "Organic Materials in Secondary Effluents ," J. Water Poll. Control Fed. , 33 , 122 (1961) .
8. Philips , E.B. , "Biochemistry in Sewage Treatment Modern Sewage Disposal ," Chapter 14 , Federation of Sewage Works Association, p.1938 .
9. Dewalle, F.B. and Chian, E. S.K. , "Removal of Organic Matter by Activated Carbon Columns," J. Env. Eng. Div. , ASCE , 100 , EE5 , 1089 (1974) .
10. Keller , J.V. etal. , "Investigation of Soluble Organic Nitrogen Compounds in Municipal Secondary Effluent," J. Water Poll. Control Feb. , 50 , 2522 (1978) .
11. Tambo , N. and Kamei , T. , "New Water Quality Indices of Organics for The Evaluation of Treatment Process and Self-Purification," Session 4 , 5th Asia Pacific Regional Water Supply Conference.
12. Chian , E. S.K, Fang , H.H.P. , Dewalle , F.B. and Smith , J.M. , "Physical -Chemical Treatment of Hospital Wastewaters for Potential Reuse," Presented at the 30th Annual Purdue Ind. Waste

Conf. , May .

13. Zuckerman , M.M. and Molof , A.H. , "High Quality Reuse Water by Chemical Physical Wastewater Treatment," J. Water Poll. Control Fed. , 42 , 437 ( 1970 ) .
14. Kim , B.R. , Snoeyink , V.L. , and Sawnders , F.M. , " Influence of Activated Sludge CRT on Adsorption," J. Env. Eng. Div. , ASCE , 102 , EE1 , 55 ( 1976 ) .
15. "Gel Filtration Calibration kit Instruction Manual for Protein Molecular Weight Determinations by Gel Filtration," Pharmacia Fine Chemicals , Uppsala , Sweden .
16. 鄭幸雄 "活性污泥法去除有機物之研究," 廢水處理技術研討會 , 1976 年 9 月。
17. Chrostowski , D.C. , Dietrich , A.M. , and Suffet , I.H. , " Laboratory Testing of Ozonation System Prior to Pilot-plant Operations," J. Amer. Water Works Assn. , 74 , 38 ( 1982 ) .