

河川水源有機物指標與相關淨水技術研究

Indicator of Organic Matter in Surface Water and Related Water Purification Technology

曾四恭※ 陳國宏

摘 要

受污染河川水源之特性是水中還原性有機物濃度增加，產生色度與臭味，加氯後可能生成過量致癌疑慮之氯衍生物。吾人以往對水源優劣常以濁度、大腸菌類數為評估依據，似已不足表示河川水源受到污染之程度。由於水中有機物種類繁多，在淨水過程中也難逐一檢測，建立一綜合性有機物污染指標，作為水源評估、處理方法改進、控制淨水效率，或為淨水時調整加藥量之指針，藉以提升自來水品質，似有其必要。本研究乃試以總有機碳及高錳酸鉀消耗量為指標，探討其適用性，並以不同污染程度之河川水源進行相關淨水技術之試驗，瞭解傳統淨水方法對有機物之去除功能。

壹、前 言

台灣地區部分河川地面水源因遭受城鎮、工廠、農畜廢水污染，以致淨水場操作日感困難耗氣量遽增，不僅增加淨水費用，也引起用戶對用水安全產生疑慮。

傳統淨水處理之目的旨在去除自然水源中雜質及可能致癌之細菌，典型之淨水程序為加藥混凝沉澱、過濾消毒，在操作過程中，常以濁度、大腸菌類數為水質監測指標。但面對受污染之河川水源，由於水中有機物含量增加，除了產生色度、臭味之困擾外，也可能含有害性有機物，此微量有機物不易在一般淨水方法中去除，殘留在飲用中與濁度之相關性差，故嚴格而言，受污染河川水源，即使處理後濁度與大腸菌已合於標準，尚不足以確定水可安全飲用(1)。

水中有機物種類繁多，除天然有機物外，也有人為合成有機物。國內現行自來水水質標準已訂有酚類、農藥、T H M等合成有機物濃度之限值，大部分有機物可能是無害的，但因與色度、臭味、三鹵甲烷有密切關連，故如能將水中有機物儘量去除，對人體健康之危害及引起使用上之困擾，可望相對減少。歐洲某些國家及日本之自來水水質，對有機物含量訂有如高錳酸鉀消耗量之項目加以限制。

陳國宏：開元工程顧問股份有限公司 工程師

※ 曾四恭：國立台灣大學環境工程學研究所教授

貳、研究目的與內容

水中各種有機物之鑑別及濃度之分析不是日常淨水處理過程中所能勝任的工作，建立某種適用、檢測容易之有機物替代指標(Indicators or Surrogate Measurements)，做為水源受污染程度及淨水效率之評估，並據以為操作加藥量之指針，藉以提升自來水品質，可能是今後必要之工作。據國外許多新的研究指出，化學混凝處理單元在適當之控制條件下，對有機物仍有相當之去除功能。因此，本研究乃試以總有機碳(TOC)及高錳酸鉀消耗量為有機物濃度綜合指標，探討其適用性，並就不同污染程度之河川水質進行一系列化學混凝實驗，瞭解傳統淨水方法對受污染水源之適應能力。

本研究係以六堵基隆河水源，另取台北民生污水場放流水、深坑養豬廢水，配製較高污染程度之原水水樣，進行下列實驗，其內容包括：

1. 總有機碳及高錳酸鉀消耗量與BOD₅、COD之相關性。
2. 化學混凝去除有機物與pH值之關係。
3. 水中有機物混凝去除實驗(pH≈7)，包括單純混凝、預氯混凝、添加活性炭粉末混凝、改變加氯點與THM生成量比較、受家庭污水與養豬廢水污染水源THMF_P之比較。

參、結果與討論

3-1 有機物指標

3-1-1 有機物指標討論

理想之有機物指標似應具備下列特點：

1. 可應用於不同之水源
2. 水源受到有機物污染時，此指標應能檢測出來。
3. 數值大小與受污染程度呈正相關性。
4. 檢測時受干擾少，數據穩定可靠。
5. 檢測方便迅速，設備費低廉。
6. 與其他有機物濃度之表示法，有良好之相關性。

在文獻中常介紹之有機物濃度表示法，計有BOD₅、COD、TOC、高錳酸鉀消耗量、UV₂₅₄等，各具有特色及適用之領域。

1. BOD₅

以喜氣性細菌氧化分解水中之有機物，所消耗之氧量表示水中有機物濃度，一般用為污水水質指標。我國河川水體分類標準也以此表示河水受污染程度，但BOD₅檢測費時，難予掌握契機，又自來水源之BOD₅值較低，檢測易有偏差，故平時自來水水質之分析，很少採用。

2. COD

以重鉻酸鉀為氧化劑，在145℃高溫下氧化分解水中之有機物，再由所消耗之相當氧量表示水體中有機物濃度，故檢出之有機物值比BOD₅準確，由於水中還原性之無機鹽同時被氧化，所以COD值並不完全代表有機物含量。

3. TOC

有機化合物之組成皆含碳元素，以測定水中總有機碳量可表示有機物污染程度。1970年代碳分析儀(Carbon Analyzer)問世後，TOC檢測方便迅速，而被廣泛用為有機物指標。檢測TOC只需少量之水樣，先加酸排除無機碳，後在有氧及觸媒 900~1000℃高溫下燃燒，碳氧化為CO₂，由純氮帶出經紅外線分析儀測出CO₂含量，再由CO₂量與有機物比例關係測知有機物含量。

4. 高錳酸鉀消耗量

用高錳酸鉀為氧化劑，氧化水中有機物質，以所消耗之高錳酸鉀來表示有機物污染程度。與COD相似，水中亞鐵亞錳硫化物也同時被氧化，消耗一部分KMnO₄。高錳酸鉀分子量158，故分析數值比COD大。

早年英國首先用N/80 KMnO₄溶液為氧化劑，在酸性27℃溫度下與水樣接觸三分鐘與四小時，三分鐘KMnO₄消耗量表示還原性無機物量，四小時KMnO₄消耗量表示有機物質含量。現在測試KMnO₄消耗量採用煮沸法以縮短檢驗時間，並使有機物之氧化更完全。日本之自來水水質訂高錳酸鉀消耗量限值為10 mg/L，而西班牙、羅馬尼亞為12 mg/L。

5. UV₂₅₄

腐植物質多含芳香族或有共軛雙鍵構造，如C=O，-N=O，在波長254^{nm}之紫外光下能吸收此波長之光放射能，由分光光度計吸光度大小可表示有機物含量之高低。測試簡捷，需要之水樣也少。UV₂₅₄值與TOC有良好之相關性，故可用以替代TOC做THM之指標。UV₂₅₄之測定會受水中NO₂⁻、Br⁻之干擾，少數有機物如脂肪酸、乙醇、糖無法吸收光譜，是為其缺點。

上述BOD₅、COD、TOC、高錳酸鉀消耗量、UV₂₅₄五種有機物指標，以檢測高錳酸鉀消耗量之設備費最低廉，檢測時間10~15分鐘，在任何淨水場所均方便設置，其餘四種只能在有規模之檢驗室檢測。TOC、UV₂₅₄量測雖快，但儀器昂貴，精密設備需要良好之保養。就能廣泛設置以供現場快速檢測運用而言，高錳酸鉀消耗量應是較適用之有機物指標。在檢驗室內則以測TOC較方便。

3-1-2 TOC、COD、高錳酸鉀消耗量相互間關係

如水源中有機物性質一定，用不同方法表示有機物濃度之數值，應有一相關性。利用此一相關性，只要分析較簡單之一項，即能推估相應指標數值，藉以增進水源受污染程度之瞭解。

本研究取基隆河水源做一系列高錳酸鉀消耗量、TOC、COD之分析，所得之各相關值線性式如下：

(1) 基隆河水

$$\text{高錳酸鉀消耗量} = 0.103 + 3.079 \text{ TOC} \quad n = 12 \quad R = 0.95 \dots \dots \textcircled{1}$$

(2) 河川+污水場放流水

$$\text{高錳酸鉀消耗量} = 1.524 + 2.745 \text{ TOC} \quad n = 22 \quad R = 0.925 \dots \dots \textcircled{2}$$

$$\text{高錳酸鉀消耗量} = 5.462 + 1.056 \text{ COD} \quad n = 22 \quad R = 0.95 \dots \dots \textcircled{3}$$

$$\text{COD} = -0.734 + 2.29 \text{ TOC} \quad n = 22 \quad R = 0.899 \dots \dots \textcircled{4}$$

上列(1)、(2)兩式差異不大，由(1)式，若以日本水質標準 $KMnO_4$ 消耗量限值 10 mg/L ，推估基隆河水源處理後之 TOC 應小於 3.1 mg/L 。省環保處蔡秋華小姐統計分析(2)台灣地區河川水源之 BOD_5 與 TOC 之關係式為：

$$BOD_5 = -3.22 + 1.1 TOC \quad n = 200 \quad R = 0.86 \dots \dots 5$$

再以現行河川水體甲類水質 $BOD_5 = 1 \text{ mg/L}$ 推算，則 $TOC = 3.84 \text{ mg/L}$ ， $KMnO_4$ 消耗量 = 11.93 mg/L 。日本水質標準訂高錳酸鉀 10 mg/L ，及歐洲國家訂高錳酸鉀消耗量 12 mg/L ，似乎都有其依據，相對之 BOD_5 約在 1.0 mg/L 以內。

由(1)、(4)、(5)三式，推測 BOD_5 、 TOC 、高錳酸鉀消耗量 COD 之相應值如表一。

表一 各種有機物指標替測相應值，單位 mg/L

BOD_5	TOC	$KMnO_4$ 消耗量	COD
1	3.84	11.93	5.94
2	4.75	14.73	8.60
6	5.65	17.50	11.22
4	6.56	20.30	13.88
5	7.47	23.10	16.53
10	12	37.05	29.74
20	21.1	61.68	53.06

3-2 化學混凝去除有機物與 pH 值之關係

pH 值在淨水過程中是一重要之操作因子，如濁度去除、氧化鐵錳、加氯消毒，皆有其最適當之 pH 值。文獻指出大部分有機物在稍偏酸之情況下較易去除。受污染水源因有機物濃度高，在進行化學混凝時， pH 值更值得重視。 pH 值對有機物之影響，主要是控制有機物（如腐植質）之解離程度和水中金屬水解物之型態， pH 值低腐植質官能基解離度降低，需要中和之負電荷數少，相對的混凝劑就省。水中有機物因種類複雜，不同河川水質之最適當操作 pH 值可能須個別實驗決定。

本研究以基隆河水源加入一定量之混凝劑（ PAC 、硫酸鋁）變化 pH 值進行混凝，並測各組之濁度、 TOC 、高錳酸鉀消耗量三項，實驗結果整理濁度、有機物之去除率與 pH 值關係如表二。

表二 濁度與有機物質在不同 pH 值時之去除率(%)

原水	混凝劑	加藥量	濁度			$KMnO_4$ 值			TOC		
			6	7	8	5	6	7	5	6	7
1	硫酸鋁	30mg/L	71	80	75	35	38	37	30	34	31
1	PAC	30mg/L	82	87	85	34	39	37	30	36	33
2	PAC	20mg/L	81	84	76	23	33	30	26	30	24
3	硫酸鋁	50mg/L	74	83	80	43	48	41	38	42	38

註：原水 1、2、5 之水質同表四。

由實驗結果可知，就去除濁度而言，用硫酸鋁或PAC混凝最佳操作pH值皆以7時較好；但有機物去除卻是pH=6左右較適宜。高氏等人研究指出③去除TOC之最佳pH為5。故受污染河川水源之淨水處理，應將操作pH值酌為降低，提高水中有機物之去除率，以增進自來水水質之安全。台灣地區淨水場對TOC之去除率不高，據過去調查，台北為11%④，台灣省為18%⑤，可能是淨水操作時，pH值及添加混凝劑量都以去除濁度為導向，不是有利於TOC之去除。

3-3 水中有機物混凝去除實驗

美國在飲用水之地面水源中鑑定出有機物種已超過700種⑥，水中有機物因分子量、溶解性、揮發性等各方面之差異，需要之去除技術不同。1980年Trussell⑦提出有機化合物之最佳處理法如圖一，視有機物之溶解性、分子量大小有離子交換法、氣提法、吸附法、氯化/混凝法。河川水源中最常見之高分子量腐植酸、黃酸大致仍適合以氯化/混凝法去除。而低分子量(少於1000 g/mole)及溶解度大之有機物則必須用其他三種方法去除。

G.Ruse等人⑧以高錳酸鉀消耗量為有機物指標，將不同濃度高錳酸鉀消耗量值去除到12mg/L以下，建議之處理程序如表三，化學混凝沉澱是其中不可缺少之處理單元(包括單純混凝、預氣混凝、添加活性炭再混凝)。由於受保護之河川水源，低分子量及溶解性之有機物含量極微，故一般去除水中有機物技術之研究，仍以加強混凝過濾為主，必要時配合化學氯化及活性炭吸附。

表三 河川水源有機物濃度高低與需要之處理程序

河水-KMnO ₄ mg/L	處 理 程 序	預期去除 率 %
< 20	C-S-F-Cl ₂	30-40
< 30	Cl ₂ -C ⁺ -S-F-Cl ₂	40-60
< 45	PAC-C ⁺ -S-F-Cl ₂	50-75
< 60	PAC-C ⁺ -S-F-O ₃ -Cl ₂	60-80
< 75	PAC-C ⁺ -S-F-O ₃ -GAC-Cl ₂	70-85
< 90	O ₃ -PAC-C ⁺ -S-F-O ₃ -GAC-Cl ₂	80-90
< 110	O ₃ -PAC-C ⁺ -S-F-O ₃ -GAC-Cl ₂	90-95

註：C：混凝，S：沉澱，F：快濾，Cl₂：加氯消毒或氯化，C⁺：加混凝劑及助凝劑混凝，PAC：粉末活性炭吸附，GAC：顆粒活性炭濾床吸附，O₃：臭氧氧化。

3-3-1 單純混凝實驗

取不同高錳酸鉀消耗量值原水，分別用不同混凝劑變化加藥量、pH值固定在7左右，進行杯瓶實驗，分析實驗前後之TOC及KMnO₄值，由五組之實驗結果，將KMnO₄值降低至10 mg/L (日本標準)之加藥量及相應之TOC去除率，列出如表四，據此實驗結果顯示：

表四 各種混凝劑將原水有機物去除(KMnO₄ = 10mg/L)之加藥量

編號	原水水質 mg/L	混凝劑	KMnO ₄ = 10mg/L		同情況下 TOC 去除率
			去除率R %	加藥量 mg/L	
1	KMnO ₄ : 12 TOC : 3.6 Tu : 2.7	硫酸鋁	17	17	18
		PAC		15	18
		氯化鐵		20	20
2	KMnO ₄ : 18.7 TOC : 5.2 Tu : 4	硫酸鋁	46.3	47	41
		PAC		42	40
		氯化鐵		38	40
3	KMnO ₄ : 26.6 TOC : 11 Tu : 4.5	硫酸鋁	63	82	50
		PAC		74	49
		氯化鐵		67	47
4	KMnO ₄ : 30.5 TOC : 10.1 Tu : 3.9	硫酸鋁	67.3	115	58
		PAC		105	56
		氯化鐵		92	53
5	KMnO ₄ : 49.3 TOC : 15.6 Tu : 6	硫酸鋁	79.7	238	72
		PAC		215	72

$$R = \text{需要去除率} = (1 - 10 / \text{原水之KMnO}_4) \times 100$$

1. 高錳酸鉀消耗量值及TOC之去除效果與混凝劑量成正比關係，去除率隨加藥量增加而提高，表示水中有機物需要靠較多量之明礬膠泥來結合、吸附共沉，但加藥量增至一限度，去除曲線漸趨緩和，水中殘留之有機物與Al³⁺、Fe³⁺結合能力變差，再增多混凝劑對殘留有機物之去除無大有幫助。
2. 有機物濃度高，混凝去除率也有增加之趨勢，可能是有機物量多與鋁之結合共沉機會較多，但剩餘之KMnO₄、TOC仍然偏高。
3. 混凝劑量低時，KMnO₄與TOC去除率大致相等，加藥量多時TOC之去除率比KMnO₄值低。且只靠混凝沉澱似很難將TOC降低至1~2 mg/L。
4. KMnO₄消耗量高於20 mg/L以上之原水，單靠混凝予去除至10 mg/L以下，加藥量比一般除濁度藥量高很多。受污染程度較重之水源，只靠混凝沉澱已嫌勉強。
5. 表四各組實驗，將原水高錳酸鉀消耗量降至10 mg/L以下所需要之加藥量繪製曲線如圖二，顯示加藥量頗高，可能是本實驗之原水經過儲存濁度降低，在混凝時缺乏提供膠羽核(Nucleation)作用，較不利於鋁鹽一腐植質結合共存。淨水場因尚有過濾設備，亦能去除一部分之有機膠羽。因此，在淨水場實際需要之加藥量可望比實驗值少。

3-3-2 預氣混凝實驗

氯化混凝是去除水中腐植物質方法之一，G. Ruse(7)也建議輕度污染河川水源（高錳酸鉀消耗量約20 mg/L）可先預氣再混凝，預氣處理目前是台灣各淨水場普遍使用之處理法，不過預氣目的著重於殺菌、氯化鐵錳、氨氮或消除臭味。

本研究為瞭解預氣混凝對有機物之去除功能，乃以高錳酸鉀消耗量較高之原水進行先加氣混凝實驗，原水加氣以出現剩餘氯約1.0~1.5 mg/L 為度，隨後添加硫酸鋁或PAC混凝。將KMnO₄消耗量減至10 mg/L 之實驗結果如表五。

表五 預氣混凝與單純混凝加藥量與有機物去除率比較

水	混凝劑	KMnO ₄ = 10mg/L		相同加藥量時去除率%			
		加藥量		預氣混凝		單純混凝	
		預氣混凝	單純混凝	KMnO ₄	TOC	KMnO ₄	TOC
2	硫酸鋁	37	47	46.3	41	39	36
	PAC	32	42		41	38	35
4	硫酸鋁	85	115	67.3	57	60	52
	PAC	76	105		57	60	51
5	硫酸鋁	162	238	79.7	68	70	63
	PAC	141	210		68	70	62

1. 單位：均為 mg/L。

2. 單純混凝有機物去除率，係取和預氣時相同加藥量。

由上表實驗結果可知預氣可增進部分KMnO₄值及TOC之去除能力，與單純混凝比較，同樣將高錳酸鉀消耗量降低至10 mg/L 以下目標，先加氣者減少混凝劑量25~33%，加等量混凝劑情況下，預氣者對KMnO₄消耗量去除率比單純混凝者提高10~15%，TOC去除率提高7~10 mg/L。原水2之有機物濃度較低，預氣與否加藥量變化不大，原水5有機物濃度較高，混凝劑量減少量可觀。預氣有助於KMnO₄值之去除是水部分還原物質先被氯化，但TOC並不因鐵錳氯化而減少，故去除率稍差。受污染程度較高之水源，因有生成過量THM之顧慮，G. Ruse所建議之淨水程序中，排除預氣處理。

3-3-3 添加活性炭粉末混凝實驗

由前單純混凝及預氣沉澱實驗結果，單純混凝去除水中有機物需要之混凝劑量頗高，預氣混凝則有增加THM濃度之顧慮。本研究乃試以添加吸附劑混凝去除有機物。用於淨水場之吸附劑一般有明礬污泥、粉末活性炭，本研究係添加活性炭來瞭解對水源中有機物之去除效率。實驗之pH = 7原水先加活性炭慢混25分鐘，再加入混凝劑混凝。結果顯示高錳酸鉀消耗量及TOC之去除隨添加活性炭量增加而明顯提高。如加入足夠活性炭、TOC可望去除80~90%

以上，這是前二種混凝法所無法達到的。此也表示基隆河水源中，可能有部分低分子量有機物不易和 Al^{3+} 結合或被 $Al(OH)_3$ 所吸收共沉，只能為活性炭吸附。將原水之高錳酸鉀減至 10mg/L 以下，需要之加藥量與單純混凝劑量比較如表六。

表六 添加活性炭混凝與單純混凝加藥量比較

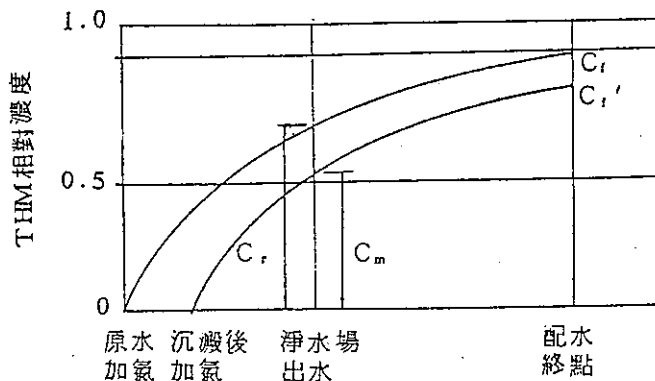
原 水 mg/L	本 實 驗		單純混凝 時需要混 凝 劑 量 mg/L
	混凝劑及加入量 mg/L	粉末活性炭 mg/L	
KMnO ₄ : 20.7 TOC : 6.5 Tu : 4	硫酸鋁: 25	21	* 62
	PAC: 25	17	52
KMnO ₄ : 43.5 TOC: 13.1 Tu: 3.9	硫酸鋁: 50	66	85
	PAC: 50	58	170

* 由圖二估計

歐洲及日本對受污染水源，較常用活性炭吸附，去除臭味及有機物質，使用活性炭之優點為可配合傳統淨水設備使用，用量隨水源之污染程度調整，但就本實驗所添加之用量言，加活性炭混凝成本可能比單純混凝及預氣混凝高。但可將 TOC 去除更低，處理後水質較安全。

3-3-4 改變加氯點與 THM 生成濃度實驗

約自 1975 年以來，許多研究指出，將加氯位置自混凝前移到沉澱後，乃為減少 THM 生成最方便有效之方法，其理由是藉混凝沉澱將水中有機物先予去除部分，減少前驅物質及延後前驅物質與氯反應時間。THM 在水中反應歷程可以下圖表示，改變加氯位置，THM 減少量為 $C_r - C_m$, $C_f - C_f'$ 。



本研究取兩組原水進行先加氯再混凝及先混凝後加氯實驗，並分析各組之瞬間THM值。加氯量以水中出現自由餘氯1.5 mg/L為度，pH = 7，混凝劑量10~50 mg/L，五次之實驗結果見表七。

表七 改變加氯點前後之THM比較

原 水 mg/L	加氯方式	硫 酸 鋁 mg/L				
		10	20	30	40	50
1. TOC: 2.7 KMnO ₄ : 7.9 COD: 4.6	混凝前加氯	19.6	18.1	17.3	17.1	16.5
	沉澱後加氯	13.8	12.7	11.6	10.5	9.8
	THM減少率%	29.5	29.8	32.9	38.9	40.7
2. TOC: 6 KMnO ₄ : 15.8 COD: 10.1	混凝前加氯	42.3	40.3	38.1	36.9	34.8
	沉澱後加氯	31.8	29.6	28.4	26.9	25.2
	THM減少率%	20	21.6	26	27	27.6

THM單位: $\mu\text{g/L}$

由表中顯示延後加氯之水樣THM生成量較低，第一組原水THM量相差30~40%，第二組原水相差20~27%。第二組THM減少量較低之理由可能是原水之TOC、KMnO₄消耗量高，而添加之混凝劑量未改變，前驅質去除量較少。原水先加氯後部分CHCl₃已形成，無法再由混凝去除。1977~1978年美國Cincinnati、Pittsburgh、Wheeling、Contra Costa等市之淨水場，曾分別做改變加氯點實驗⁽⁸⁾，延後加氯操作清水之THM濃度減低量分別為39%、54%、32%、及23~37%。台大蔣教授用模型廠改變加氯位置實驗⁽⁹⁾，分加氯於快混池，延後加氯於膠羽池後，延後加氯於沉澱池後，比較過濾水之THM生成量，結果是加氯於膠羽池後之THM降低7.6~35%，加氯於沉澱池後之THM量減少50.6~63%。故改變加氯位置之操作顯然是減少THM之有效操作方法。此外，延後加氯因大部有機物已去除，需氯量也會減少而降低加藥成本。但延後加氯操作，快濾前仍宜有約10分鐘之加氯反應時間供氯化水中鐵、錳、氨氮，台灣各淨水場之配置，沉澱池與快濾池幾乎都是接連一體，很不方便後加氯及擴散，反應時間亦不足，未來新建淨水場宜考慮此後加氯操作之彈性。

3-3-5. 受家庭污水與養豬廢水污染水源THM潛能實驗

據省環保處歷年檢驗省內主要河川水源淨水場清水之THM值，發覺南部地區淨水場生成THM值比北部淨水場之THM高出許多，相同之TOC值南北河川水源產生之THM量也有明顯差異。台灣各地淨水場之處理程序相同，由影響THM生成因子之觀點來解釋南北水源THM高低之原因，除水溫、pH值南部較高外，河水中有機物特性或許是因素之一。

北部河川水源污染源以生活污水為主，南部河川水源污染源包括生活污水、工業廢水、農畜廢水、垃圾滲漏水，成份似更複雜。本研究以六塔基隆河水分別添加生活污水及養豬廢水之五組原水，分析高錳酸鉀消耗量，COD、TOC及THMF_P如表八，並直線迴歸如下：

(1) 家庭污水污染水源

$$\begin{aligned} \text{THMFP} &= 90.56 + 4.964 \text{ TOC} & R &= 0.92 & n &= 5 \\ &= 107.58 + 1.092 \text{ KMnO}_4 & R &= 0.846 & n &= 5 \end{aligned}$$

(2) 養豬廢水污染水源

$$\begin{aligned} \text{THMFP} &= 112.1 + 5.192 \text{ TOC} & R &= 0.866 & n &= 5 \\ &= 87.243 + 3.119 \text{ KMnO}_4 & R &= 0.94 & n &= 5 \end{aligned}$$

表 八 受家庭污水與豬廢水污染源水源 THMFP 分析

原 水	KMnO ₄ 消耗量 mg/L	COD mg/L	TOC mg/L	THMFP μg/L	
				CHCl ₃ + CHBrCl ₂ + CHBr ₂ Cl	
添加家庭污水	1	32.9	18	11.5	129 + 13.2 + 5.9 = 148.10
	2	24.9	12.7	9.1	120 + 12.1 + 3.6 = 135.70
	3	19.3	9	7.6	113.2 + 11.2 + 3.4 = 127.80
	4	17.4	84	5.4	103 + 10.1 + 3.7 = 116.80
	5	11.4	4.8	3.0	97 + 6.0 + 3.1 = 106.10
添加深坑豬廢水	1	24.1	14.8	9.9	142 + 16.1 + 6.6 = 164.7
	2	20.2	8.5	9.0	137 + 14.5 + 5.7 = 157.2
	3	18.3	6.5	6.1	132 + 14.1 + 4.5 = 150.6
	4	16.1	5.5	5.4	121 + 12.2 + 5.3 = 138.5
	5	12.3	3.0	3.6	99.6 + 10.9 + 3.7 = 114.2
添加樹林豬廢水	1	33.1	18.3	12.8	156.2 + 13.6 + 9.6 = 179.40
	2	24.6	13.8	9.5	146 + 10.7 + 8.2 = 164.90
	3	18.7	10.8	7.5	136.3 + 9.5 + 10.8 = 156.60
	4	14.5	8.25	6.5	120.6 + 7.4 + 5.3 = 133.30
	5	8.8	4.6	2.9	100.4 + 4.5 + 3.0 = 107.90
六堵原水	7.9	4.5	2.7	88.0 + 5.4 + 2.3 = 95.70	

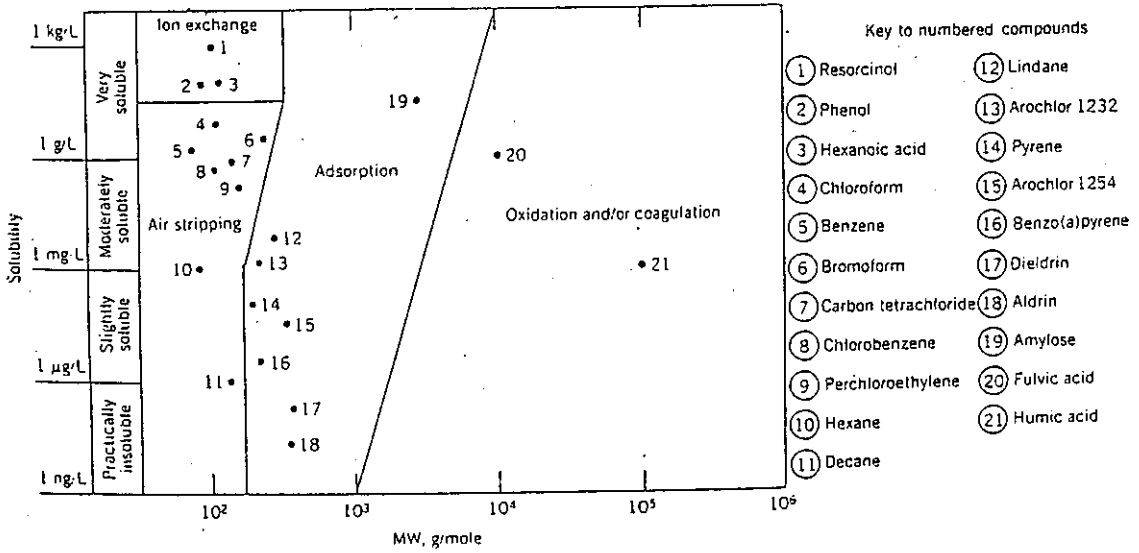
若以 KMnO₄ 消耗量 20 mg/L 或 TOC 7.5 mg/L 代入上式，受豬糞尿污染原水之 THMFP 值約高於受家庭污水污染原水者 20%，曾氏於次年另外研究(10)中，進一步取垃圾及滲漏水、豬糞尿水、家庭污水、紙廠廢水配製相同 TOC 值之原水分析 THMFP，結果家庭污水污染之水源 THMFP 為 100% 時，垃圾滲漏水污染水源為 183%，豬糞尿污染水源為 133%，紙廠廢水污染水源為 75%，此項資訊或能供河川水源保護之參考。

肆、結論與建議

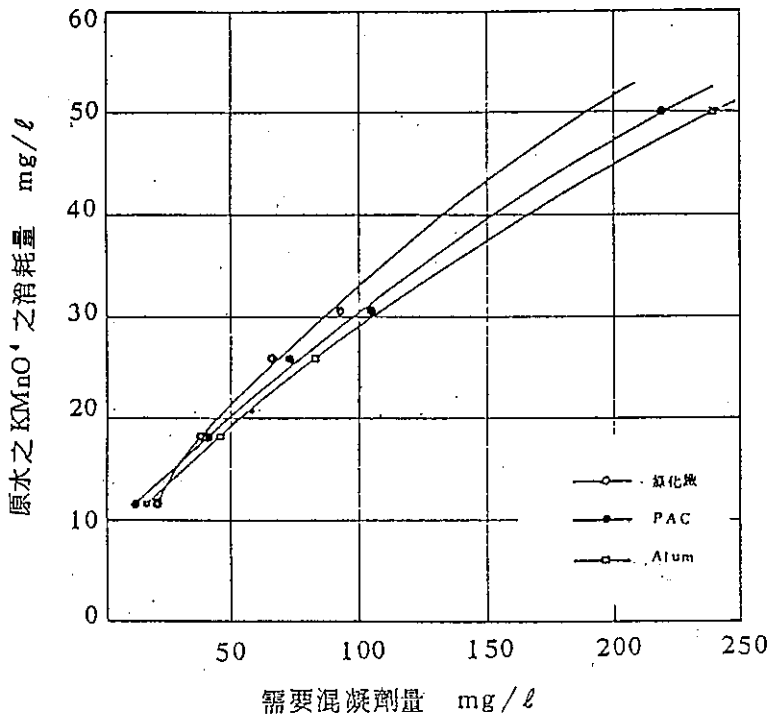
1. 總有機碳、高錳酸鉀消耗量和其他有機物污染程度表示法BOD、COD有良好之相關性，兩者分析迅速，均可用為河川水源之有機物指標，前者適合在檢驗室T_{OC}儀分析，後者量測設備費低廉，可在各淨水場廣設分析。
2. 水中溶解性有機物去除須靠三價鋁共沉及Al(OH)₃吸附而去除，去除率與混凝劑量成正相關性，加藥量愈多去除率愈高。原水預氣對有機物之去除略有助益，但對有機物含量較高之水源有增加THM量之慮，仍宜避免。
3. 受污染較嚴重之河川水源(KMnO₄消耗量>20 mg/L)，單純混凝法將水中有機物濃度去除到KMnO₄消耗量<10 mg/L(日本水質標準)，需添加之混凝劑量遽增，顯示傳統淨水方法已難適應，宜考慮其他預處理單元，先改善原水水質。
4. 延後原水加氣位置，可降低THM生成量20~40%。此項操作法宜加推展，以減少自來水之THM量。
5. 國內取用河川水源淨水場，宜採用有機物指標法，在操作時略增加混凝劑量，降低pH值，提高有機物之去除功能，控制水中有機物之含量，提升自來水品質。

伍、參考文獻

1. 許整備「飲用水與健康」民國69年，原著Drinking Water and Health.美國國家研究會安全飲水委員會，1974。
2. 蔡秋華「台灣省自來水三鹵甲烷與原水T_{OC}之分析研究」第二屆環境分析化學研討會。民國76年。
3. 高瑩涵、葉宣顯、丁文輝「給水水源中微量有機物處理法之研究」成大環研所研究報告，民國73年。
4. 蔣本基、曾四恭、劉福智、於幼華「台北公共給水源中有害物質調查及處理技術研究」台大環工所研究報告No. 98，民國74年。
5. Joseph A.C. and Wu.C. "Controlling Organic, Why Now?" JAWWA 11: 590, 1978。
6. Trussell R.R. and M.D. Umphres "Evaluation and Treatment of Synthetic Organics in Drinking Water Supplies" JAWWA 72. 458-470, 1980。
7. G.Ruse and V.Rojanschi "Water Supply in The Socialist Republic of Romania"。Aqua No.4 PP 199-203, 1984。
8. AWWA "Treatment Techniques for Controlling Trihalomethanes in Drinking Water" 1982。
9. 蔣本基「改變前加氣位置對淨水廠三鹵甲烷生成影響之研究II」國科會 No. NSC 75-0410-E002-06。
10. 曾四恭、張天益「水源中有機物THM形成潛能試驗方法之探討」第五屆自來水論文發表會論文集，民國77年。



圖一 不同分子量、溶解度之有機物去除方法



圖二 原水高錳酸鉀消耗量與混凝劑量關係