

淨水處理程序中影響 THMs 形成因素之探討

曾四恭** 張天益**

摘 要

近年來，由於台灣地區河川水源遭受大量有機物質之污染，使取用河川水源淨水廠，因處理程序含加氯單元，導致其處理後水質中三鹵甲烷 (THM) 含量大為提高，飲用水安全性受到威脅。因此，本研究選擇受有機物質污染較嚴重之河川水源 (基隆河、東港溪、急水溪) 作為試驗對象，進行影響淨水處理程序 THM 形成因素之相關試驗。

經試驗結果顯示，河川水源經加氯、加藥混凝沉澱及過濾等淨水程序處理後，影響 THM 形成之因素，並不祇限於原水之有機物濃度 (以 TOC 表示)，可能還包括加氯量、有機物去除量等因素之影響。因此，本研究再就河川原水之有機濃度、渾水加氯量、加藥量等因素進行試驗，結果發現，此三種影響因素與過濾池出口 THM 形成量成良好相關性，其關係式如下：

$$\text{THM} = 10.3 \times \text{TOC} + 4.97 \times \text{Cl}_2 - 0.633 \times \text{混凝劑量} \dots\dots\dots \text{基隆河}$$

$$\text{THM} = 9.84 \times \text{TOC} + 5.02 \times \text{Cl}_2 - 0.024 \times \text{混凝劑量} \dots\dots\dots \text{東港溪}$$

一、前言

台灣地區由於人口增加、工業快速成長，生活用水及工業用水量逐年增加，但伴隨而來的是大量未經適當處理之工礦廢水、養畜廢水及家庭污水排入河川水源，致使受污染之河川水源中有機物質含量大為提高，結果導致取用河川水源之台灣地區傳統淨水廠，因前加氯處理單元之必要性，加氯量勢必大幅提高，使經淨水程序處理後之水質中三鹵甲烷 (THM) 含量增加，據文獻顯示，此種三鹵甲烷類化合物，已被疑為致癌性物質。所以，如何降低處理後水質中三鹵甲烷 (THM) 之含量，以確保飲用水安全，是目前

*：台大環境工程研究所教授兼所長

**：中油公司環保處工程師

極為重視的課題。

因此，本研究將就目前現有淨水處理程序中，可能影響 THM 形成之操作因素，進行下列相關試驗及研究。

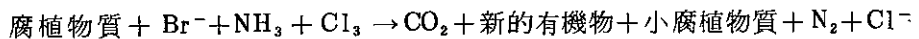
1. 選擇本省受污染較嚴重之河川水源（如基隆河、急水溪、東港溪）進行相關試驗。
2. 探討河川水源中原水之有機質（以 TOC 值表示）與三鹵甲烷形成潛能（THMFP）之相關性。
3. 分析 THM 形成量與有機質（以 TOC 值表示）、加氯量、及反應時間之相關性。
4. 淨水廠各處理單元採樣分析，並配合模型廠試驗，探討淨水程序中可能影響 THM 形成之因素。

二、文獻回顧

1. THM 之形成

水中若含有各種不同有機化合物，經加氯後，則有機物經化學性的轉換，而再次形成新的有機污染物。

1974 年 Rook⁽¹⁾ 指出飲水中，加氯會形成氯仿（ CHCl_3 ），圖 2-1 即表示水中加氯後，所形成新的有機化合物。加氯生成物如下：



新的有機物：三鹵甲烷 + 二鹵甲基氰 + 鹵化羧酸 + 鹵化胺 + 鹵化粉
+ 鹵化銅 + 鹵化芳香族 + 鹵化腐植質 + 乙醛 + 芳香族
+ Phthalates

由上述中顯示，水中加氯形成新的有機物，其成份種類較 1974 年發現的更為複雜。由於三鹵甲烷（ THM_3 ）是水中加氯，最普遍之有機污染物，可利用分析技術檢出，且產生濃度較其他有機鹵化污染物的濃度高，故目前研究主題，着重於三鹵甲烷（ THM_3 ）之產生，其生成之化合物主要包括 CHCl_3 、 CHBrCl_2 、 CHBr_2Cl 、 CHBr_3 。

2. 影響 THM 生成之因子

(1) 反應時間

THM_3 在自然條件下，並非瞬間形成，而需經歷一段反應時間（幾小時或數天），始能達 THM_3 生成量之最高值。一般而言， THM_3 之生成量會隨著反應時間的增加而增大⁽²⁾。

(2) 溫度

1976年 Stevens⁽³⁾提出，有關溫度對THM₁生成量影響之相關試驗，結果發現THM₁反應生成量以3°C最低，25°C次之，40°C最高。若反應時間為100小時，THM₁生成量，40°C為25°C時之25倍，25°C為3°C時之2倍。由此可知在河川水源加氯後，THM₁生成量會受到季節的影響。

(3) 溴離子與碘離子濃度

溴離子與碘離子在加氯之水中，有參與有機物取代反應的能力，因此會促進氯仿(CHCl₃)之形成外，也會影響其他三鹵甲烷(如CHBrCl₂、CHBr₂Cl、CHBr₃、CHCl₂I、CHIBrCl等)之生成⁽⁵⁾。

(4) pH

很多研究者指出，在淨水程序中，pH值增加對THM₁生成量之影響相當大，例如stevens⁽³⁾研究指出，在相同特定條件下，經70小時反應後，pH 11.5之THM₁生成量為pH 6.5時之兩倍，因此欲少THM₁生成，於消毒時將水中pH值保持在中性或是微酸性下較佳。

(5) 前驅物質濃度及特性

1976年Stevens等⁽³⁾以腐植酸(Humic Acid)為前驅物質，進行研究其各種不同濃度(0.1mg/l、0.5mg/l、1.0mg/l之Humic Acid)對THM₁生成之影響，結果發現腐植酸濃度愈高，THM₁生成量愈多，同樣地stevens等⁽³⁾以ohio河川水及腐植酸(Humic Acid)為前驅物質，進行加氯反應，結果發現其THM₁生成曲線有顯著差異。

1979年，Rook⁽⁴⁾以Fulvic Acid及樹脂酸(ResovinoI)為前驅物質，加氯反應在pH為7左右，及經2小時後，發現在樹脂酚下，THM₁生成量為Fulvic配下之2~2.5倍。

由此可知，THM₁生成量之多寡直接與前驅物質之濃度及特性相關。經許多學者之研究，有機前驅物質可包括如下：

腐植酸(Humic Acids)、黃酸(Fulvic Acids)、乙醇、乙醛、丙酮、三氯丙酮、苯丙酮、乙醯、乙酸、乙酮、單寧素、木質磺酸鹽、酚類氨基酸、脂肪酸、藻類之chlorophyll & Extracellular Products、酚、磷苯二酚、對苯二酚、1,3,5苯三酚等⁽⁴⁾。

(6) 加氯濃度

1976年stevens⁽³⁾發現結合餘氯對THM₁之生成沒有影響，自由餘氯方可與有機物質反應產生THM₁。

1980年Kojino與Yagi研究氯仿生成量與餘氯之比較，發現開始加氯時，沒有餘氯產生，但却有氯仿大量生成，慢慢增加少量氯量，當達氯仿生成量接近穩定時，餘氯即

增加。

依文獻顯示，在加氯反應中，第一階段之 Fe^{2+} 、 SO_3^{2-} 、 NH_3 迅速與氯反應，消耗氯量，當第一階段反應完成後，多餘的氯始與有機物反應，此時所加入之氯量與 THM₃ 生成量成正比，當 THM₃ 生成量達穩定後（即不再增加），此時即有有效餘氯產生。

三、實驗設備與方法

1. 實驗設備與儀器

- (1) pH 測定儀：WTW, Model pH 521。
- (2) 電磁加熱攪拌器：Iwaki Model PC 351。
- (3) Purge & Trap 沖提儀（Tekmar LSC-2 型）。
- (4) 氣相色層分析儀（G.C. Perkin Elmer 製，Sigma 3B 型）。
- (5) 積分儀（M-2 型 Perkin Elmer 製）。
- (6) 總有機碳分析儀（MODEL 700 TOC ANALYZER）。
- (7) 恆溫控制室。
- (8) 淨水廠模型。

2. 水質分析

(1) THM 之檢驗

THM 之檢測係以吹捕法沖提濃縮後注入氣相層析儀（GC）中分析之。

① 沖提儀操作條件：

沖提時間	8 分鐘	脫附預熱溫度	120°C
脫附溫度	160°C	脫附時間	4 分鐘
烘燒溫度	250°C	烘燒時間	6 分鐘
預備溫度	30°C	沖提流速	30ml/min

② 氣相層析儀操作條件：

攜帶氣體（Carrier Gas）：99.99% 高純氮氣

電子捕獲式檢測器（E.C.D.）溫度：300°C

入口溫度：200°C

總氮氣流量：30ml/min

烘箱初始溫度：50°C

溫度上升速率：10°C/分

烘箱最終溫度：150°C

最終時間：3 分鐘

③ THM 生成潛能 (THMEP)

- 原水加氯量，以大於 $100\text{mg}/\ell$ 之過量為原則。
- 溫度控制在 20°C 下， $\text{pH}=7.0$ 反應時間為 7 天。

(2) 總有機碳 (TOC) 之檢測：

以總有機碳分析儀測定。

3. 實驗方法：

本實驗原水主要來自六堵淨水廠原水、新營水廠原水及港西淨水廠原水，進成 THM 形成之相關試驗。

(1) 探討河川水源中原水之有機質 (以 TOC 值表示) 與三鹵甲烷形成潛能 (THMFP) 之相關性。

(2) THM 形成模式試驗：

本實驗原水主要來自六堵淨水廠原水、新營水廠原水及港西淨水廠原水為主，進行 THM 生成與加氯量、反應溫度、反應時間等之關係試驗。

- 加氯量： $5\text{mg}/\ell$ ， $10\text{mg}/\ell$ ， $20\text{mg}/\ell$ ， $30\text{mg}/\ell$ ， $100\text{mg}/\ell$ ， $200\text{mg}/\ell$ ， $300\text{mg}/\ell$ ， $500\text{mg}/\ell$ 。
- 反應溫度： 20°C
- 反應時間：1 hr，6 hr，24 hr，48 hr，96 hr，168 hr

(3) 實地淨水廠採樣分析：

此試驗選擇六堵淨水廠及港西淨水廠，其淨水流程如圖 1、圖 2。

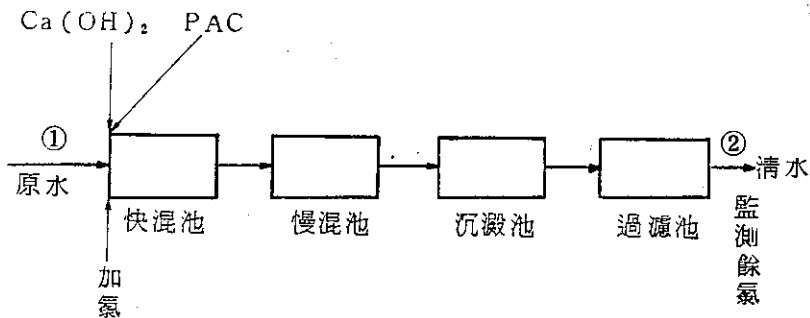


圖 1 六堵淨水廠之淨水流程

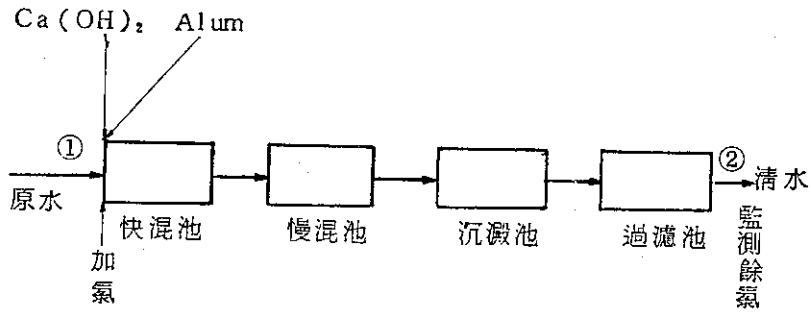


圖 2 港西淨水廠之淨水流程

• 取樣點：

如圖 1、圖 2 之號碼①，②

• 取樣次數：

六堵淨水廠為 4 次。

港西淨水廠為 2 次。

• 取樣方法及測試項目：

瞬間取得水樣馬上加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 去氯，以防止 THM 再增加，測定 THM，並另外取樣，現場立即測定餘氯，至實驗室測定 TOC。

(4) 實驗室模型廠分析

此試驗之水樣，取基隆河及東港溪表面水，控制條件如下：

- ① 混凝種類：Alum, PAC
- ② 加藥量：Alum 及 PAC 分別加 $20\text{ mg}/\ell$ 及 $60\text{ mg}/\ell$
- ③ 加氯量： $10\text{ mg}/\ell$ ， $20\text{ mg}/\ell$ ， $30\text{ mg}/\ell$ ， $40\text{ mg}/\ell$
- ④ 模型廠之流程如圖 3。
- ⑤ 加氯點控制：為前加氯(1)
- ⑥ 取樣點：如圖 3 之號碼①，②

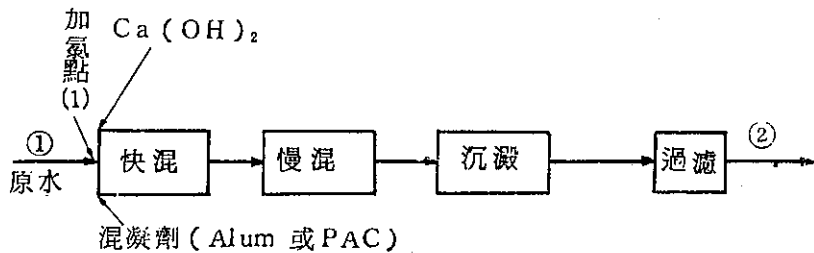


圖 3 模型廠淨水流程

⑦分析項目：THM、TOC、餘氯量。

四、結果與討論

1. 河川水源之 THMFP 試驗

從民國 76 年 8 月至 77 年 4 月，固定每月至基隆河、東港溪、急水溪取樣 1 ~ 2 次，進行 TOC 與 THMFP 之水質分析，結果見表 1。由表中 TOC 值與 THMFP 等實驗數據，以(1)式進行線迴歸分析。

$$Y = aX + b \dots\dots\dots(1)$$

式中 Y : THMFP ($\mu\text{g}/\ell$)

X : TOC (mg/ℓ)

a, b : 常數

(1)式中 THMFP 試驗之控制條件，反應時間為 168 小時，反應溫度為 20°C，pH 值為 7.0，加氯量以 50 倍 TOC 加入。

將 TOC 值及 THMFP 之數據以 Lotus sytem 迴歸計算程式處理，結果可得下列關係式：

$$\text{THMFP} = 98.71 \text{ TOC} + 127.97 \quad R = 0.9296 \dots\dots\dots\text{基隆河}$$

$$\text{THMFP} = 50.70 \text{ TOC} + 155.33 \quad R = 0.9047 \dots\dots\dots\text{東港溪}$$

$$\text{THMFP} = 7.03 \text{ TOC} + 311.3 \quad R = 0.9399 \dots\dots\dots\text{急水溪}$$

由上式顯示 THMFP 與 TOC 值之相關性良好，相關係數 R 值大於 0.9000，此乃表示河川表面水之 THMFP 可以 TOC 值表示。由於每種河川水源受污染特性不同，使其相關式，因河川種類之不同而異。

2. 河川水源在不同操作條件下之 THM 形成模式

本研究一方面以較低加氯量進行 THM 形成試驗，如表 2 至表 4 分別顯示三種不同河川表面水（基隆河、東港溪、急水溪），在不同反應時間、不同加氯量、不同有機質濃度（TOC）下，對 THM 形成量之影響。另一方面提高加氯量（20, 50, 100, 200, 300, 500 mg/ℓ ），同樣進行 THM 形成試驗，結果如表 5 所示。

由表 2 至表 5 可利用(2)式所示求得三鹵甲烷形成量之統計模式。

$$\text{THM} = a \cdot (\text{TOC})^1 (\text{Cl}_2)^m (t)^n \dots\dots\dots(2)$$

式中 a : 常數

CONC : 有機物濃度 (mg/ℓ)，以 TOC 表示

Cl_2 : 加氯濃度 (mg/ℓ)

表 1 各種河川水源之採樣分析結果

水樣 編號	基隆河		東港溪		急水溪	
	TOC (mg/l)	THMFP (μ g/l)	TOC (mg/l)	THMFP (μ g/l)	TOC (mg/l)	THMFP (μ g/l)
1	2.80	439.1	2.40	238	3.20	328.6
2	1.12	238.4	3.00	348.2	5.40	502.6
3	4.30	566.9	1.80	245.2	134.2	1198.7
4	1.22	307.8	1.62	288.7	5.52	314
5	1.68	280.5	1.37	221.2	5.27	287.9
6	0.67	169.8	0.69	165.3	2.15	211.3
7	0.51	157.7	0.89	176	4.76	257
8	0.80	254.8	1.07	228.1	37.90	785.2
9	1.96	246.8	4.83	382.3	—	—
10	1.72	230.3	—	—	—	—
11	1.02	254.5	—	—	—	—
12	0.86	231.2	—	—	—	—

t : 反應時間 (hour)

l.m.n : 無因次參數

公式(2)中固定 pH = 7.0, 溫度固定為 20°C, 故不以 pH、溫度為變數, 其它變數則以常數 a 表示。

將表 2 至表 5 中加氯濃度為 100mg/l 以內的數據, 以 statgraf 計算機程式處理, 可得三種河川表面水源的 THM 形成簡式, 如表 6。

由表 6 中顯示, 基隆河的三種主要變數與 THM 形成量之相關性大小依次是 TOC 值因子, 反應時間因子, 最後為加氯因子, 亦即 TOC 值對 THM 形成量之影響最大, 而加氯濃度對 THM 形成量之影響較小, 因此, 基隆河原水, 有機物濃度為 THM 形成量的主要影響因子。

同樣地, 由表 6 中發現, 東港溪的三種主要變數與 THM 形成量之相關性大小依次是 TOC 值因子, 加氯因子, 最後為反應時間因子, 亦即有機濃度為 THM 形成量的主

表 6 三種河川表面水加氯後的 THM 形成模式

河川水源	生 模 式	相 關 係 數 (R)	數 據 組 數
基隆河	$THM = 4.742(TOC)^{0.626} (Cl_2)^{0.322} (t)^{0.415}$	0.976	38
東港溪	$THM = 0.161 (TOC)^{2.339} (Cl_2)^{1.207} (t)^{0.2}$	0.919	33
急水溪	$THM = 60.1 (TOC)^{0.142} (Cl_2)^{0.200} (t)^{0.069}$	0.960	34

①以上模式適合加氯量 100mg/l 以內，反應時間 168 hr 以內。
 ②各符號之單位：
 THM：三鹵甲烷生成量 (μg/l)
 TOC：總有機碳 (mg/l)
 Cl₂：加氯濃度 (mg/l)
 t：反應時間 (hour)

反應溫度 20°C

要影響因子。急水溪的三種主要變數與 THM 形成量之相關性大小依次是加氯因子，TOC 因子，最後為反應時間因子，亦即加氯濃度為 THM 形成量的主要因子。

由上述結果，若我們取用河川水源，進行淨水程序處理，可提供處理過程中，THM 形成量之控制，減少三鹵甲烷 (THM) 之問題。

3. 淨水程序中影響 THM 形成之可能因素

自來水中 THM 為當前受關切之問題，去除不易，故尋求預警指標乃成為熱門之研究方向。據蔡氏⁽⁵⁾ 集合全省淨水場之數據，進行地面水源處理後 THM 形成量與原水 TOC 值之線性迴歸分析，其中台灣西部 8 處河川水源淨水場之分析結果，如表 7。同樣地，本研究亦選擇六堵淨水場，以原水中有機指標值 TOC 與處理後 THM 形成量進行迴歸分析，結果如下關係式

$$THM = -3.50 TOC + 46.9 \quad R = -0.044$$

由上顯示，河川水源之有機質 (TOC 值) 與經處理後 THM 形成量，並沒有直接之關係。

由上述討論結果，河川水源經加氯、加藥混凝沉澱、過濾等傳統淨水程序處理後，影響 THM 之形成，並不祇限原水之有機物濃度，可能還包括加氯量、有機物去除量等因素之影響。因此，本研究擬取用河川原水淨水廠 (六堵淨水廠、港西淨水廠)，進行取樣，及分析原水有機濃度、加氯量、加藥量 (泥凝劑)，處理後 THM 形成量，並配

合實驗室內模型試驗，再依據分析結果，以(3)式進行線性迴歸分析。

$$\text{THM} = a \times \text{Conc.} + b \times \text{Cl}_2 + c \times \text{加藥量} + d \dots\dots\dots(3)$$

式中 THM = 過濾池出口之瞬間 THM ($\mu\text{g}/\ell$)
Conc. = TOC (mg/ℓ)
 Cl_2 = 加氯量 (mg/ℓ)
加藥量 = 加入混凝劑量 (mg/ℓ) (PAC 或 Alum)
a. b. c. d = 常數

式中 pH 值、溫度等之影響，皆歸入 d 常數中。

將上述的數據以 statgraf system 之迴歸計算程式處理，結果可得下列關係式：

$$\begin{aligned} \text{THM} &= 10.3 \times \text{TOC} + 4.97 \times \text{Cl}_2 - 0.633 \times \text{混凝劑} - 14.71 \\ R &= 0.8064 \dots\dots\dots \text{六堵淨水廠} \\ \text{THM} &= 9.84 \times \text{TOC} + 5.02 \times \text{Cl}_2 - 0.024 \times \text{混凝劑} - 99.91 \\ R &= 0.9225 \dots\dots\dots \text{港西淨水廠} \end{aligned}$$

由上式顯示，三種影響 THM 形成之因素中，以混凝劑量多寡影響最小，其次是有機質濃度及加氯量。從表中之關係式，可提供操作人員之參考，並了解操作傳統淨水程序，處理河川水源之後，欲使 THM 形成量，不致超過飲用水標準，則可在已知加氯量與加混凝劑量下，控制原水有機指標 (TOC) 不得超過某一限制值。如以上述之關係式，可推求基隆河原水，在已知加氯量及加 PAC 量下，經六堵淨水廠處理後，THM 形成量不致超過台灣省飲用水標準 $200 \mu\text{g}/\ell$ 時，其各種有機指標之最高限制值。

由以上實驗可知，TOC 之有機指標，雖然皆可當為傳統淨水程序處理後，控制 THM 形成量之因素，但必需同時考慮加氯量及加藥量。如此，可提供淨水廠操作人員，於河川原水進入淨水廠前，迅速了解原水中有機指標值，而能適當地加入氯量及加藥量，以防過多 THM 產生，影響飲用水之安全性。

五、結 論

1. 影響傳統淨水程序 (如前加氯、加藥混凝沉澱、過濾) 處理後水質 THM 含量之因素，除河川水源之有機濃度外，尚包含其他因素，如加氯量、加混凝劑量、溫度、pH 等。
2. 由於每條河川水源，因污染特性不同，水中有機物分子結構及功能基之差異，使取用河川水源淨水廠處理後水質 THM 形成量，隨其操作條件 (如有機濃度，前加氯量、混凝劑加入量等) 及河川種類之不同而異。所以，本研究建議各種取用河川水源淨水

廠，應各自建立一系列 THM 形成之特性試驗，以能提供現場操作人員有效防止 THM 含量之提高，確保飲用水之安全。

3. 本研究擬以基隆河、東港溪等二種河川水源之有機物濃度、前加氯量、加混凝劑量等因素進行試驗，結果顯示，此三種影響因素與淨水程序出水中 THM 形成良好相關性，其關係式如下：

$$\text{THM} = 10.3 \times \text{TOC} + 4.97 \times \text{Cl}_2 - 0.633 \times \text{混凝劑量} \dots\dots\dots \text{基隆河}$$

$$\text{THM} = 9.84 \times \text{TOC} + 5.02 \times \text{Cl}_2 - 0.024 \times \text{混凝劑量} \dots\dots\dots \text{東港溪}$$

六、參考文獻

1. Rook J.J., "Formation of Haloforms During Chlorination of Natural waters" *Water Treatment Exam.*, 23, 234 (1974).
2. 蔣本基、樓基中、孫昀，"改變前加氯位置對淨水廠三鹵甲烷生成量影響之研究(II)"，台大環研所(民國75年11月)。
3. Sterens. A.A., Slocum C.J., Seeger, D.R., and Robeck, G.G., "Chlorination of Organics in Drinking waater" *JAWWA*, 68, 615-620 (November 1976).
4. Rook J.J., "Chlorination Reactions of Fulvic Acids in Natural Waters" *Environmental Science and Technology*, 478-482 (May 1978).
5. 蔡秋華，「台灣省自來水中三鹵甲烷與原水中 TOC 之分析研究」，第二屆環境分析化學研討會，民國76年。

表2 基隆河水源之加氯量與反應時間對 THM 形成之影響

加氯量 (mg/ℓ)	反應時間	1(hr)	12(hr)	24(hr)	48(hr)	72(hr)	120(hr)	168(hr)	240(hr)
	THM								
5 (mg/ℓ)	CHCl ₃	5.2	15.2	36.7	43.3	65.0	63.2	65.9	67.2
	THM	6.50	20.7	42.2	52.5	77	75	75.7	76.7
10 (mg/ℓ)	CHCl ₃	7.2	36.1	46.7	43.7	79.1	89.6	87.7	92.0
	THM	9.0	41.6	52.2	63.6	90.5	101.6	98.1	103.0
20 (mg/ℓ)	CHCl ₃	10.7	42.8	61.5	76.4	95.4	109.9	110.0	109.7
	THM	13.3	48.8	69.5	88.8	108.6	123.9	124.0	122.8
30 (mg/ℓ)	CHCl ₃	14.6	46.2	62.6	80.2	99.8	118	128.6	131.9
	THM	17.5	53.0	73.9	92.95	114.1	134.3	143.3	145.9
100 (mg/ℓ)	CHCl ₃	36.4	54.5	90.1	110	134.4	148.6	158.5	165.5
	THM	40.3	61.4	98.8	124.3	149.6	164.64	173.45	180.51
原水特性	TOC=0.708 mg/ℓ NH ₄ -N=0.092 mg/ℓ Fe = 0.62 mg/ℓ Mn = 0.23 mg/ℓ • 溫度控制 20 °C • pH 值控制為 7.0~7.5								

表3 東港溪水源之加氯量與反應時間對 THM 形成之影響

加氯量 (mg/ℓ)	反應時間	1(hr)	12(hr)	24(hr)	48(hr)	72(hr)	168(hr)	240(hr)
	THM							
5 (mg/ℓ)	CHCl ₃	1.7	1.7	3.5	4.9	5.5	5.2	6.0
	THM	2.14	2.1	4	5.1	6.5	5.9	6.6
10 (mg/ℓ)	CHCl ₃	7.6	11.2	15.9	18.1	31.2	37.3	72.2
	THM	10.1	14.7	16.3	19	36.5	39.3	78.6
20 (mg/ℓ)	CHCl ₃	13.2	21.9	31.9	36.2	34.3	44.4	82.7
	THM	15.4	22.8	35.8	37.5	40.2	46.4	86.1
30 (mg/ℓ)	CHCl ₃	48.6	64.4	86.1	97.4	93.8	98.1	107.0
	THH	54.5	67.4	93.3	101	99.8	106.5	119.7
100 (mg/ℓ)	CHCl ₃	125.7	135.3	151.6	172.6	175.1	203.3	201.2
	THM	141.6	150	170	193.2	197.6	215	212.7
原水特性	TOC=1.542 mg/ℓ NH ₄ -N=3.03 Fe = 0.72 Mn = 0.54 • 溫度控制為 20 °C • pH 值控制為 7.0~7.5							

表 4 急水溪水源之加氯量與反應時間對 THM 形成之影響

加氯量 (mg/l)	反應時間	1(hr)	6(hr)	24(hr)	48(hr)	72(hr)	120(hr)	168(hr)
	THM							
20 (mg/l)	A	136.9	160.0	177.3	180.2	190.2	198.7	196.2
	B	124.9	145.1	150.6	160.6	169.7	179.9	181.2
50 (mg/l)	A	150.0	172.2	205.4	192.0	207.3	211.4	222.2
	B	143.6	160.4	166.7	170.8	172.2	183.9	186.5
100 (mg/l)	A	200.8	213.2	259.2	282.8	292.7	301.2	305.3
	B	155.9	182.4	219.2	223.7	233.7	242.3	250.2
300 (mg/l)	A	223.2	256.4	283.8	297.8	308.2	317.5	310.2
	B	179.1	205.2	248.5	258.5	250.9	261.3	259.2
500 (mg/l)	A	227.1	266.3	282.1	297.1	308.2	315.2	318.3
	B	181.4	225.2	264.5	267.3	270.3	278.1	272.2
原水特性	<ul style="list-style-type: none"> • A水質：TOC = 4.578 mg/l COD_{Cr} = 28.5 mg/l • B水質：TOC = 2.144 mg/l COD_{Cr} = 10.5 mg/l 							

表 5 高量加氯對 THM 形成之影響

加氯量 水源 mg/l	20	50	100	200	300	500	TOC mg/l
基隆河	171.7	237.7	276.1	284.8	304.3	297.3	2.240
東港溪	202.6	239.7	249.6	259.7	267.6	277.3	1.90
急水溪	221.7	258.1	317.2	345.3	339.6	355.1	10.482
控制條件	Temp = 20°C 反應時間 = 168 小時 pH = 7.0						

表 7 台灣主要河川水源淨水場THM與 TOC 關係式

淨水場	關 係 式	R	n
港 西	$THM = 23.84 + 4.38 TOC$	0.477	12
鳳 山	$THM = 38.24 + 4.63 TOC$	0.396	9
岡 山	$THM = 62.24 + 2.11 TOC$	0.165	12
新 營	$THM = - 8.62 + 15.47 TOC$	0.605	12
楠 雅	$THM = 20.72 - 0.542 TOC$	-0.13	9
板 新	$THM = - 8.30 + 5.86 TOC$	0.543	9
新 山	$THM = 4.59 + 8.27 TOC$	0.603	10
六 堵	$THM = 25.62 + 0.22 TOC$	0.033	12