

# 英國 Trent 河流域水質管理

## ——流域性水污染防治措施成功之實例——

郭 錦 洛\*

### 一、流域概況

Trent 河位於英國英格蘭之中部，為英國之第三大河川，其長度為 274 公里，流域面積為 10,450 平方公里，其位置與流域範圍如圖一所示。流域內之平均年雨量為 734mm，平均年蒸發量為 469mm，Trent 河與 Tame 河合流處之平均年流量為 13cms，在 Nottingham 之平均年流量為 84cms，夏季之平均流量為 58cms，95% 之流量為 34cms，平均流量與 95% 流量之比值較低，係因 Nottingham 上游有大量之廢水流入所致。

流域內之總人口，據 1975 年之統計達 5,901,000 人，約半數之人口集居在中上流之五個都會區域，其中位於上游之伯明罕（Birmingham）都會區，其人口達 1,990,000 人，其他四個都會區之人口約 21 萬至 38 萬之間，河川下游區域之人口數甚少。伯明罕都會區亦為該流域之主要工業地區。

### 二、河川污染概況

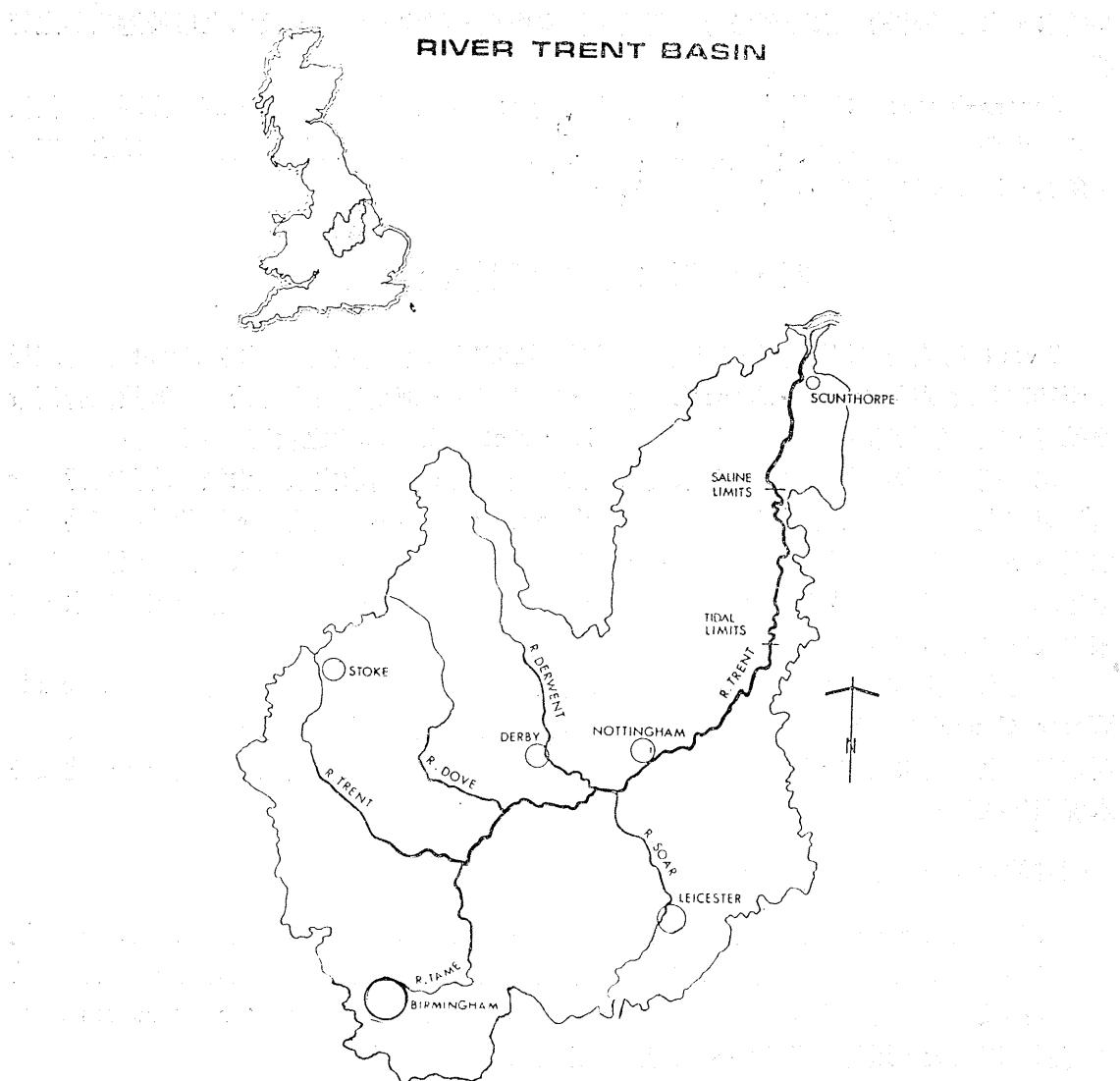
Trent 河流域雖然有大量之工業廢水排入河川，但大部份均先排至污水下水道與市鎮污水合併處理後，再排至河川。該方式為解決工業廢水污染之最有效與經濟之方法，據估計約 6% 之工業廢水（發電廠之冷卻水除外）以此種方式處理。

Trent 河自發源地流至 80 公里處與主要支流 Tame 河匯合，Tame 河之全河段均已受嚴重之污染，而其平均流量較 Trent 河大，流域內之總人口達 2 ~ 3 百萬人，該區域為高度工業化地區，其主要工業為金屬表面處理，汽車製造等，在低流量期間，約 90% 之流量為污水及工業廢水。由於 Tame 河之污染負荷甚大，在過去之 25 年間雖有大量之投資以改善污水處理設施，但全長 74 公里之河段仍然污染嚴重，以致無魚類生存。

Trent 河分別與水質較清淨之 Dove 河及 Dewerst 河匯合後，由於稀釋及自淨作用，其水質逐漸改善，該二河川之水質甚佳，亦為流域主要之公共給水水源。

Trent 自 Nottingham 以下至感潮河段，其水質繼續改善，並可維持部份魚類之生存。感潮河段之水質呈現較高之懸浮固體，主要來自河川之沖刷與潮汐推移之影響。

\* 臺灣省環境保護局研究員



圖一、英國 Trent 河流域

農業逕流雖然導致季節性之污染問題，但並非主要之污染來源，Trent 河流域之非點污染源主要為上游之垃圾掩埋場，其次為都市逕流。發電廠為該流域之主要工業，沿河設有許多發電廠，大量之河川水被引用作為冷卻水，而廢熱水則排至河川，以致下游河川之水溫估計上升5°C。

### 三、Severn-Trent 水管理局

Trent 河流域內所有與水有關之事務實際上由成立於1974年4月1日之 Severn-Trent 水管理局 (Water Authority) 管理，該局負責 Severn 河與 Trent 河二個流域內有關公

共給水、水污染防治、水資源保育與開發、污水處理、排水、漁業、及水之用於遊憩等之管理。

Serern-Trent 水管理局共有43名委員，其中 22名由地方政府指派，17名由環境部指派，4名由農漁暨糧食部指派，所指派之委員代表流域內之各種利益團體包括公共給水、工業、農業、漁業、遊憩等。

#### 四、河川水質標準與放流水標準

Trent 河流域河川污染之管制可說是起始於1951年，當時主管機關為 Trent 河管理局，至1974年改制為 Severn-Trent 水管理局，在此期間，河川污染之防治依據排放源管制策略執行，該管制策略係依據「河川法」(River Act 1951) 建立之放流許可制度。

水管理局並未制定正式之河川水質標準或水質目標，但所有之放流水標準均基於污染管制法規定之「維持或恢復河川之衛生 (Wholesomeness) .....」制定者。因此其政策為河川水質不得使之變動，而儘可能使之改善，河川水質改善之目標為使河川水質恢復至魚類生存之標準，唯一之例外為 Trent 河與 Tame 河之上游，因承受大量之都市與工業廢水，將來之改善目標為避免公眾之厭惡 (nuissance) 。

自從水管理局成立後，即有制定河川水質標準之提議，遵照國家水政委員會(National Water Council) 之建議，水管理局應制定短程與長程之河川水質目標，該水質目標將據以制定將來之放流水標準。國家水政委員會已制定新的河川分類與水質標準如表一，並建議各水管理局採用。

##### (一) 排放源管制

英格蘭與威爾斯境內河川污染之管制，均對於排放廢水至地面水者實施放流水標準制度。1951年「河川法」規定市鎮污水或工業廢水之排放須先取得水管理局之許可，許可證內明定允許排放廢污水之成份、溫度及流量等。1963年之「水資源法」(Water Resources Act) 將管制權限擴大，以管制藉水井、水管或鑽孔注入地下含水層。

##### (二) 放流水標準

英國污水處置皇家委員會 (Royal Commission on Sewage Disposal) 於1912年建議市鎮污水放流水標準如下：

S.S	30mg/ℓ
BOD	20mg/ℓ

此為世界上最早之放流水標準，至今已有七十餘年之歷史，對於英國河川水質管理之影響甚大。皇家委員會在提出該建議前，曾調查英國之河川水質，其結論為：(1)若河川水質之 BOD 不大於  $4\text{mg}/\ell$ ，則無污染之跡象；(2)那時大部份之河川具有八倍之稀釋率。因此若假設河川水之 BOD 不大於  $2\text{mg}/\ell$ ，則維持河川下游之 BOD 不大於  $4\text{mg}/\ell$ ，所允許排入污水之 BOD 為  $20\text{mg}/\ell$ ；S.S 之限值係依據污水處理之效率決定者。

上述皇家委員會之標準已成為 Trent 河流域之市鎮污水放流水標準，此外，水管理局

表一 英國河川分類與水質標準表

河川分類	水 質 標 準 (95 percentile)	水 體 用 途	備 註
1A	(1)溶氧飽和度大於80% (2) $BOD \leq 3.0 \text{mg/l}$ (3) $NH_4 \leq 0.4 \text{mg/l}$	(1)高品質之水適用於公共給水水源及其他用水。 (2)適合於高級魚類生存。	(1)平均 BOD 或許不大於 $1.5 \text{mg/l}$ 。 (2)應無可見之污染跡象。
1B	(1)溶氧飽和度大於60% (2) $BOD \leq 5.0 \text{mg/l}$ (3) $NH_4 \leq 0.9 \text{mg/l}$	水質較 1A 級略劣，但其用途大體上與 1A 級相同。	(1)平均 BOD 或許不大於 $2 \text{mg/l}$ 。 (2)平均 $NH_4$ 或許不大於 $0.5 \text{mg/l}$ 。 (3)應無可見之污染跡象。
2	(1)溶氧飽和度大於40% (2) $BOD \leq 9.0 \text{mg/l}$	(1)適用於高度處理之公共給水水源。 (2)可維持一般魚類之生存。	(1)平均 BOD 或許不大於 $5 \text{mg/l}$ 。 (2)除腐殖質之顏色外，無物理性之污染。
3	(1)溶氧飽和度大於10% (2) $BOD \leq 17 \text{mg/l}$	(1)可能用於低級之工業用水 (2)水質污染致無魚類生存。	
4	(1)溶氧飽和度小於10% (2)有時有厭氧現象	水質污染嚴重似乎造成厭惡。	
X	溶氧飽和度大於10%	無用途之水域及溝渠，其目標為防止厭惡。	

於1968年制定工業廢水之放流水標準。

關於市鎮污水及工業廢水放流許可制度之運作情形，說明如下：

### 1. 市鎮污水

大部份市鎮污水放流之許可，均依照皇家委員會之標準，若污水含有大量之工業廢水時，則增列其他適當項目如重金屬等，若污水排至供飲用水源之河川時，其許可條件將限制污水之氨氮濃度，氨氮之限值亦可用於魚類之保護。在河川稀釋率較低之情況下，採用較皇家委員會標準更嚴格之許可條件，例如 Derby 鎮污水廠之放流水因排至供水源之 Derwert 河，其放流之許可條件為： $BOD 15 \text{mg/l}$ ,  $S.S 15 \text{mg/l}$ , 氨氮夏季  $5 \text{mg/l}$ , 冬季  $10 \text{mg/l}$ 。

## 2. 工業廢水

對於工業廢水之排放，採取逐案審查，以核發放流許可證，並選擇適當之水質項目作為管制之依據，該項目之範圍如下：pH、水溫、色度、S.S、BOD、COD、高錳酸鉀值、砷、鎘、鉻、銅、鐵、鉛、鎳、鋅、油脂、氰鹽、酚類、氨氮、及魚毒等。

許可證內訂定之水質濃度依據河川之水質要求，及夏季低流量情況下決定者，一般工業廢水放流水標準均在下列範圍內：

高錳酸鉀值：	20mg/ℓ
重金屬總量不大於	1mg/ℓ
非錯合之氰鹽不大於	0.1mg/ℓ
非揮發性油脂	5mg/ℓ
pH	5~9
水溫不大於	30°C

若河川水祇供工業冷卻水用途時，其許可條件祇限制河川水之高錳酸鉀值、BOD、及S.S增加量分別為2,3及5mg/ℓ。

對於污染問題較嚴重之工業，鼓勵其設置於有充分稀釋流量之感潮河段，並鼓勵工業界節省其製程用水，對其污染負荷將有顯著之減少。

## 五、排放費與使用費

英國對於排放污水至河川者，至今尚未採用排放費制度，然而工業廢水排至市鎮污水下水道與污水合併處理時，則課徵使用費。

### (一) 法令依據

- 公共衛生法 (Public Health Act 1961)
- 水法 (Water Act 1973)
- 污染管制法 (Control of Pollution Act 1974)

依據上述法令，工業界有權將其廢水排至市鎮污水下水道，惟廢水之排入不得造成下水道或污水處理程序之不良影響，且須先取得水管理局之許可，該局對於排入廢水之流量與水質，得加以限制，一般進流水水質之限制條件如下：

pH值	6~12
S.S	400mg/ℓ
總溶解金屬 (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Sn, Zn)	10mg/ℓ
總金屬	30mg/ℓ
氰鹽	10mg/ℓ
游離油	無
水溫	43.5°C (110°F)

## (二) 使用費

Severn-Trent 水管理局對工業廢水排入其下水道者，依據下列計費公式課徵使用費：

$$C = R + V + \frac{O_t}{O_s} \cdot B + \frac{S_t}{S_s} \cdot S$$

式中：C = 工業廢水每  $m^3$  之使用費

R = 每  $m^3$  廢水之管渠使用費。

V = 每  $m^3$  廢水之初級處理費用。

$O_t$  = 廢水沉澱 1 小時後之 COD 值 ( $mg/\ell$ ) 。

$O_s$  = 沉澱污水之 COD 年平均值 ( $mg/\ell$ ) 。

B = 每  $m^3$  廢水之生物處理費用。

$S_t$  = 許可 pH 條件下，廢水之 S.S 值 ( $mg/\ell$ ) 。

$S_s$  = 污水之 S.S 年平均值 ( $mg/\ell$ ) 。

S = 每  $m^3$  污水之污泥處理與棄置費用。

## 六、水質監視

### (一) 放流水水質監視

水管理局之品質管制組負責工業或污水廠放流水之監視，該組人員不定期前往許可證指定之取樣地點採取放流水水樣（一般採取隨機水樣），取樣時由自動流量計可得到取樣當時之流量資料。一般水樣之檢驗項目包括 pH 值、電導度、生化需氧量、懸浮固體、氨氮等，特殊水樣可能檢驗其他項目，例如重金屬、氟鹽、酚類等。放流水之取樣頻率則視其重要性或對承受水體影響程度而異，其範圍自一星期一次至三個月一次。

### (二) 河川水質監視

河川水質之水樣由固定之取樣站採取（均利用橋樑，以取得河流中央之水樣），取樣站依其重要性分為下列等級：

特別站	共 17 處	每週取樣一次
控制站	共 62 處	每二週取樣一次
普通站	共 351 處	每月取樣一次
次要站	共 182 處	每三個月取樣一次

所有取樣站之水樣均檢驗下列項目：

水溫、電導度、pH 值、懸浮固體、鹼度、總硬度、氯鹽、氨氮、溶氧量、生化需氧量。

控制站增測下列項目：重金屬（鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅）、陰離子界面活性劑、生化需氧量（加抑制劑）、總有機碳、磷酸鹽。

特別站則增測下列項目：

有機氯類殺蟲劑、汞、硼、砷、氟鹽、硫酸鹽、非離子性界面活性劑、鐵、錳。

此外，Trent 河流域亦設有 4 處水質自動監視站，其監視項目為：水溫、pH 值、電導度、濁度、溶氧量、及氨氮，每 15 分鐘紀錄一次。

所有河川水質及放流水水質資料均以電腦儲存，以提供水管理局各部門查詢。河川水質之監視，除分析河川水之化學性項目外，並選擇部份取樣站定期採集大型無脊椎底棲動物，採用 Trent 生物指數 (biotic index) 方法評估河川水質與污染程度。

### (三)地下水水質監視

Trent 河流域大約 40% 之自來水水源取自地下水，因此自 1973 年起選擇 200 口取樣井，以監視地下水水質，取樣頻率為三個月一次，每個水樣之水質檢驗項目包括：pH 值、電導度、總硬度、鈣硬度、鹼度、氯鹽、硫酸鹽、氟鹽、氨氮、硝酸鹽、鐵、錳、鈉、鉀，受污染之地下水則增測其他適當項目。

地下水水質監視之目的為：

- (1)建立地下水水質之背景資料，以了解地區性與季節性之水質變化。
- (2)對取水者提供有用之水質資料。
- (3)若有污染之事實，可採取有效之對策。

### (四)監視成本

一個水樣之分析成本與下列因素有關：

- (1)運輸成本
- (2)分析成本
- (3)數據整理成本

該因素因取樣地點距檢驗室之距離及檢驗項目之複雜性而異。依據 Nottingham 檢驗室之估算，水樣之分析成本，自 3 英鎊至 40 英鎊 (1976 年之幣值)，每一水樣之平均分析成本為 9 英鎊，而平均運輸成本為 6 英鎊。

## 七、執 行

在 Trent 河流域內，Severn-Trent 水管理局為水污染防治之唯一主管機關，對於違反許可條件之廢水排放者可予以追訴。若放流水之生化需氧量為  $21 \text{ mg/l}$ ，或懸浮固體為  $31 \text{ mg/l}$ ，則表示違反皇家委員會之放流水標準，該局可依據法令予以處分，然而主管機關體認放流水水質有自然變化之情形，且分析技術亦有準確度之限制，故採取較實際與合理之態度，即採用 80% 之順從率作為符合放流水標準之條件。Severn-Trent 水管理局採用下列基準作為污水放流之分類：

- |                                 |      |
|---------------------------------|------|
| • 10 個連續水樣中，有 8 個或以上之水樣符合放流水標準。 | 滿意   |
| • 10 個連續水樣中，有 5 ~ 7 個水樣符合放流水標準。 | 通過   |
| • 10 個連續水樣中，有 2 ~ 4 個水樣符合放流水標準。 | 不滿意  |
| • 10 個連續水樣中，2 個以下水樣符合放流水標準。     | 極不滿意 |

1976 年，Trent 河流域放流之污水，符合放流水之情形如下：

滿意	52%
通過	32%
不滿意	8%
極不滿意	8%

## 八、水質管理成果

英國自從1951年「河川法」通過後，即採行放流水許可證制度作為管制水污染之手段，該水污染管制方法在 Trent 河流域已獲得相當之成功，使河川水質繼續獲得改善，此可由流域內特定取樣站歷年之水質資料予以證實。

目前依據國家水政委員會建議之河川分類方法（表一）評估流域內之河川水質，結果列於表二。

由表二顯示：1953至1977年間流域內之廢水量雖然增加57%，但各河川之水質已有顯著之改善，此由於各污水處理設施之處理效率已大為提高，且工業廢水儘量排至污水下水道與市鎮污水合併處理。

表二 Trent 河流域河川水質

河 川	取 样 站	取樣時間	BOD mg/ℓ	NH <sub>4</sub> mg/ℓ	河川分類	評 評 語
Tame	Birmingham	1953	37	16	4	Tame 河仍然污染嚴重，但已獲致顯著之改善。
		1962	36	17	4	
		1971	18	9.2	4	
		1977	12	8.2	4	
Tame	與Trent合流處	1953	24	11	4	
		1962	28	13	4	
		1971	14	5.7	4	
		1977	12	3.0	3	
Dove	與Trent合流處	1953	5.0	0.2	2	水質已改善，用作自來水水源。
		1962	4.0	0.4	2	
		1971	2.7	0.2	1B	
		1977	2.6	0.1	1B	
Derwent	與Trent合流處	1953	9.0	0.9	3	水質優良，用作自來水水源。
		1962	4.0	0.9	2	
		1971	4.0	0.6	2	
		1977	3.5	0.3	2	

Soar	與Trent合流處	1953	14	3.6	3	雖然流入之廢水量增加， 河川水質仍可維持水產用 水。
		1962	7.0	7.8	3	
		1971	7.0	4.0	2	
		1977	4.2	0.4	2	
Trent	Tame下游	1953	15	6.9	4	
		1962	22	9.2	4	
		1971	12	3.4	3	
		1977	11	1.7	3	
Trent	Nottingham	1953	11	3.9	3	河川水中含有流域內80% 之污染量。
		1962	13	3.5	3	
		1971	7.3	0.9	2	
		1977	5.3	0.4	2	
Trent	Keadby (感潮河段)	1953	16	3.7	4	顯著改善。
		1962	12	2.3	4	
		1971	7.3	0.7	3	
		1977	6.1	0.3	2	

影響河川水質改善之因素。除污水下水道及處理廠之擴建與改善外，過去20年來以北海天然氣逐漸代替煤碳瓦斯作為家庭及工業熱源之結果，使煤碳氣化程序所產生高污染度之廢水大量減少，而河川之污染負荷相對減輕，尤其部份河川之氨氮濃度劇急降低。

排至 Trent 河流域內各河川之污水及工業廢水量列如表三，顯示流域內排至河川之放流水主要來自市鎮污水，工業廢水只佔10%以下，而大量之污水排至 Tame 河。

由主要支流 Tame, Dove, Derwent 及 Soar 等河川流入 Trent 河之污染負荷列如表四，表四顯示 Tame 河之污染負荷對於 Trent 河之水質有決定性之影響。

由 Trent 河流域各河川取水之各種用水量（發電廠之冷卻用水除外）列如表五，顯示主要用水為公共給水，工業用水主要用作冷卻水，Trent 河下游之噴洒灌溉引水量甚大。雖有大量之河川水被引用作為發電用途，但發電後仍然排至河川，且不改變其水質。表中之引水量為核定之引水量，實際引水量平均約佔核定引水量之70至80%，噴洒灌溉之實際引水量之變化甚大，與年降雨量有關。引用河川水作各種用途之用水量將繼續增加，而河川水質之持續改善將增加該趨勢。

## 九、結論

- 英國依據 1951 年「河川法」訂定之水污染管制措施，在 Trent 河流域實施結果，已獲取成效。

表三 Trent 河流域內放流水量  
(1977/78)

集水區	污水 $10^3 \cdot m^3/\text{日}$	工業廢水 $10^3 \cdot m^3/\text{日}$	工業廢水主要來源
Trent 上游 (與 Tame 合流之上游)	201	16	鋼鐵廠、採石場、輪胎製造廠。
Tame	674	46	金屬工業、化學、玻璃及輪胎製造廠。
Dove	39	28	染料廠、紙廠、採石場。
Derwent	175	12	染料廠、金屬加工業
Soar	203	8	鋼鐵廠、採石場
Trent 下游	424	43	鋼鐵廠。
合計	1,716	153	

註：不包括礦坑排水，用作冷卻直接排至河川之水量。

表四 由主要支流流入 Trent 河之污染負荷  
(1977/78)

支流	平均年流量 $10^3 \cdot m^3/\text{日}$	平均 BOD 負荷 噸/日	平均 NH <sub>3</sub> 負荷 噸/日
Tame 河	1,746	20.43	5.24
Dove 河	1,518	3.95	0.15
Derwent 河	1,077	3.77	0.32
Soar 河	778	3.03	0.31

2. 自從採取許可制度後，Trent 河流域之河川水質已獲得顯著之改善，Trent 河流經 Nottingham 之污染量已降低一半。
3. 自從水管理局於1974年成立後，獲得較多之經費從事污水處理設施之建設，使河川水質獲得逐漸之改善。
4. 加強污水下水道系統之建設，納入工業廢水與市鎮污水合併處理後，再排至河川，為解決工業廢水污染之最有效與經濟之方法。

## 十、後記

英國從事水污染防治已有數十年之經驗，且成果卓著，舉世公認。其成功之因素，主要

表五 自 Trent 河流域水之引水量

集水區	用途	核定引水量 $10^3 m^3/日$
Trent 上游 (與 Tame 合流之上游)	公共給水	136
	噴洒灌溉	12
	發電	29
	砂石洗滌	1
	工業 (包括冷卻)	38
Tame	公共給水	100
	噴洒灌溉	14
	砂石洗滌	11
	工業 (包括冷卻)	261
Dove	公共給水	384
	噴洒灌溉	5
	發電	152
	砂石洗滌	6
	工業 (包括冷卻)	44
Derwent	公共給水	746
	發電	589
	工業 (包括冷卻)	469
Soar	公共給水	57
	噴洒灌溉	5
	砂石洗滌	10
	發電	149
	工業 (包括冷卻)	16
Trent 下游 (與 Tame 合流之下游)	噴洒灌溉	83
	發電	78
	砂石洗滌	8
	工業 (包括冷卻)	161

註：發電廠冷卻用水除外。

採取流域性水污染防治策略，並以積極興建市鎮污水下水道系統，合併處理市鎮污水與工業廢水，以及執行廢污水放流之許可制度等作為手段，以達成河川水質改善之目標。

本文係筆者依據民國七十二年考察英國水污染防治期間所蒐集之資料撰寫而成，希望對於我國水污染防治計畫之擬定與執行，有所助益。

## 參 考 文 獻

1. Woodard G. M., P. Parsons, Management of Industrial River Basins-The Trent Basin, United Kingdom, OECD Report 1980.
2. Water Quality 1979/80, Severn Trent Water Authority, 1981.
3. Control of Pollution Act 1974, Her Majesty's Stationery Office, London, U.K. 1979.