

# 水質水量 齊步改善

淡水河先期工程完成後水質規劃工作  
之建議

## 劉 成 均

出生：民國三十一年十月七日

學歷：國立台灣大學農業工程系水利組學士

美國康乃爾大學土木及環境工程博士

經歷：美國紐約州環境保護署工程師、資深研究員

美國夏威夷大學土木工程系助理教授、副教授

國立台灣大學環境工程研究所客座教授

現職：美國夏威夷大學土木工程系教授



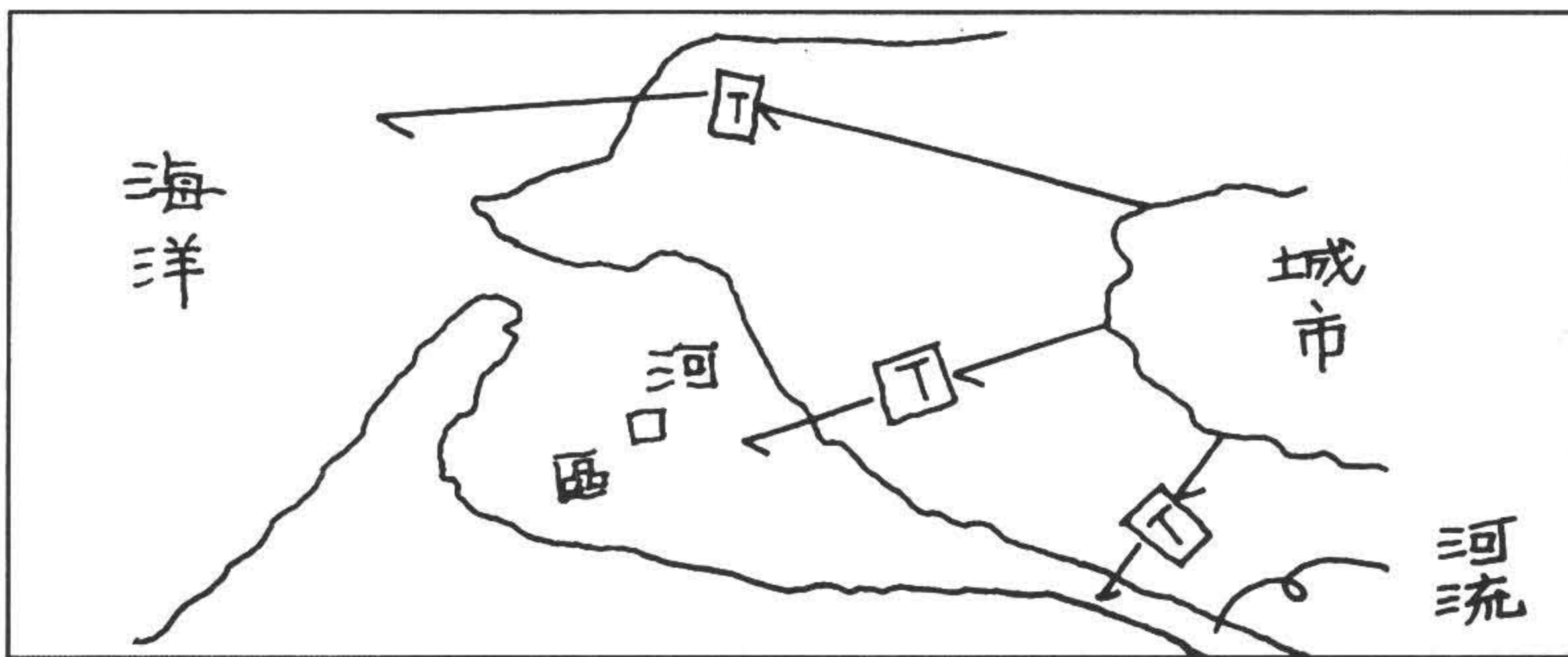
耗資鉅大的「淡水河污染整治計畫先期工程」在國人的殷切期盼下將於八十五年度內完成，對於污染嚴重的淡水河中、下游河段水質改善，一定會產生相當大的功用。在此我願向所有參與這項工程的人員表示最大的敬意。此項工程中幾個主要部份如龍形隧道、污水處理廠、海洋放流管等，由於工程規模大、施工地點的地質軟弱及海浪洶湧等原因，對於施工單位形成很大的挑戰。先期工程的完成增強了國內今後從事大型環保工程的信心，同時也給後續工程提供了寶貴的經驗和工程人材。

先期工程內之下水道系統和處理排放設施的設計流量為每天 132 萬噸，相對於淡水河流域計畫最終污水設施流量每天 330 萬噸來說，其所占比例仍低。另外，目前淡水河系除了承受了來自都會區的污水外，還有來自地面逕流、垃圾堆置場滲出水、畜牧廢水以及底泥內沉積污染物等各種污染源。所以要讓淡水河系回到未受污染前的狀況、或只是達到最低的水質標準，都還有很多工作要做。這些工作不僅應包括硬體的工程建設，也應包括各種管理措施、民衆的參與、甚至土地利用之重劃等。在本文中我願就後續實施方案相關之水質規劃工作提出一些建議。

## 一、設觀測站 以利評估

污水經過處理後須排入一個受納水體如河川、河口區或海洋等，這些天然水體都具有承受污染排入後的自淨能力，這個自淨能力的大小通常就決定了污水排放前所須接受的處理程度。一般而言海洋有較大的對污染物稀釋和自淨的能力，所以海洋排放所需的污水處理程度較低，因此可以節省污水處理廠之施工及營運的費用。美國 1972 年水污染防治法規定，所有污水都須接受至少二級處理（也稱生化處理）以後才可以排放，但是後來因為考慮到海洋的稀釋和自淨能力，而在 1978 年的水污染防治法修正案中增加了有關海洋排放之條文，並取消了最低二級處理的限制。

海洋排放固然可以節省處理費用，但是通常需要建設一條相當長的陸上及海上放流管，這些管道的施工困難而且花費也高，所以一個沿海城市在規劃污水排放方式時，通常會在河川排放、河口區排放、或海洋排放三者之間，根據該城市特殊的情形來加以分析評量。其情形如下圖所示：



### 河川排放、河口區排放、海洋排放示意圖

以上的討論是根據傳統水污染整治工程的觀點，並用經濟效益來作規劃設計的依據。淡水河污染整治後續實施方案之規劃，則除了經濟效益外，也應反映出近年來環保科技的進展，和社會大眾對維護自然生態的認識和決心。

首先想提的是淡水河河口區的自然生態問題。台北地區所需要的民生及產業用水主要來自淡水河支流新店溪上游的翡翠水庫。都市用水一般是看作「非消耗」用水，因為大約 80% 的都市用水會成為「污水」，若污水在經過處理後排回到河水，則對河川的入海流量影響不大；另一方面若污水經處理後直接排入海洋，則對入海流量會有較大的影響。

河川和海洋的交會處叫做河口區。河口區因為水中養分豐富，生物生產力強，往往成為許多不同種類動、植物孕育成長之所，因此每一個河口區都自成一個獨特的生態系統。海水所含鹽份一般在 3.5% 左右，河水之含鹽量則平均約 0.05%，在河口區內入海的河川流量和海洋之潮汐交互作用，維持了一定的鹽份分佈。淡水河污染整治後續工程之規劃中，應對各種方案將造成何種程度的河口區鹽份分佈之改變、以及這種改變河口區的自然生態會有甚麼影響，作詳細的評估。我並且希望評估小組的成員應包括工程、海洋學、生物和生態等各領域的專家學者。

各種水污染整治方案都會對淡水河附近的海洋環境造成某種程度的衝擊，不過在性質上有些不同。海洋放流時污水是以點源的方式進入海洋，在這種情形下，放流水中的污染物質會受到近域或遠域的稀釋淨化。近域稀釋是當放流污水由排放點向上淨昇時產生；遠域的擴散分解則是在放流污水到達海面並隨海流流動時發生。河川放流時污水是隨河水以非點源的方式進入海洋，放流水中的污染物質會在河川中因生化分解及其他的河川自淨作用而減少，因此進入海洋中的量較少。

要了解何種放流方式對海洋環境會造成較大的負面影響，則須在海洋放流管附近、河流入海處及鄰近的海域建立水質觀測站，再將觀測的數據配合水質模式作模擬分析。美國環保署為配合 1978 年水污染防治法中有關海洋放流域正條文之實施，曾制定了以下海洋環境品質觀測之目標：

- (一)決定放流水對於海水、海底沉積物及海中動植物之短期和長期的影響。
- (二)決定是否能達到放流許可證中的標準。
- (三)評鑑對於放流水中之毒性物質是否能有效控制。

以上的原則也應用於淡水河口附近海洋環境品質監測網的建立上。八里的海洋放流管一年內即將完成啓用，現在就應開始監測並搜集資料。比

較海洋放流前、放流後海洋環境品質之變化，以提供後續工程各種方案選擇上重要的參考資料。

在比較集中式海洋排放及分區式排放時，也應考慮到污水再用的可能性。人們對於都市污水在棄之猶恐不及之下，往往忽略了一項事實，即都市污水內有機廢物的含量若以生化需氧量來計算，大約只佔全部污水的0.01%，因此基本上都市污水仍可看做是一種水資源。經過處理後可以作洗滌水、灌溉水，甚至都市用水之用。台灣北部地區未來可供開發之水資源有限，而且淡水河支流大漢溪上已建有石門水庫，支流新店溪上已建有翡翠水庫，其餘尚可用作建大型水庫的壩址大概只剩下新店溪上游一處，到了下一個世紀，很可能爲了應付對水資源的需求，而須考慮到包括污水再用的各種方案。

## 二、自淨能力 加強調查

河川之所以會有污染問題，是因爲它所承受的污染負荷超過了它的自淨能力（或稱涵容能力）。一條河川自淨能力的大小是由河川的水理特性（包括水深及流形等）、以及影響各種有機物在水中分解的微生物和相關的環境因素（包括水溫、PH值）來決定。當水質模式被用來模擬河川水質的變化時，這些水理、微生物和環境因素又被納入各個模式係數內。河川水質模式內主要的模式係數是再曝氣係數、祛氧係數、擴散係數等。

水質模式應用在台灣已有多年的歷史。1960年代在行政院國際經濟合作發展委員會下成立了台北區衛生下水道規劃小組，同時我政府委託CDM國際工程公司參與淡水河污染整治的調查規劃工作。在由台北區衛生下水道規劃小組和CDM共同進行之規劃工作中，採用了穩定狀態下一維水質模式，有關的模式係數則是根據實驗室分析資料和一些經驗公式來估求。因爲缺乏河川密集水質測量的實測資料，模式係數之估求以及模式

計算結果都相當粗糙。在其規劃報告中特別也指出，「……現場和實驗室的資料以及係數估求時所作的一切假設都不完善，因此模式並不能對淡水河溶氧量的變化作正確的模擬。但是我們認為這一模式在某種情況下，可以用於水質的預測和比較之用……」。

在過去三十年間，國內外在水質模式的製作、應用及模式係數估求上都有了很大的進步。這些年來，很多新發現出來並在國外被廣泛採用的水質模式也被應用在前後幾次的淡水河水質規劃的工作中。最近由中興顧問社在 1994 年完成的規劃中採用的 WASP 模式就是很好的水質模擬工具。不過只是模擬工具好並不一定能正確反映出河川自淨能力，要正確反應自淨能力，須先能正確估求出河川水質模式中的係數值。

在淡水河今後的規劃工作中，如何正確估求模式係數值是應該加強努力的地方。就以影響河川自淨能力最大的再曝氣候係數而言，中興顧問社在 1994 年的規劃中採用了美國環保署的一張圖表，表內搜集了三個用水深和流速來間接估求再曝氧係數的公式及其適用範圍。不過這項圖表本來只是提供初步模式分析時作參考之用，若是用在淡水河規劃中，其結果會影響到投資額高達數百億台幣各整治方案的選擇上，就顯得比較不足了。

河川密集水質測量是先利用追蹤劑作實測，以了解污染物在河川中的傳輸時間，然後根據傳輸時間來選定水質樣本的採集站。密集水質測量的分析結果可以增進對河川自淨能力的了解，並可以用來估求各模式係數之數值。近年來，密集水質測量的相關科技已相當成熟。

正確了解河川自淨能力不僅能藉以決定能排入河川各河段並仍能保持水質目標的允許排污量，同時也藉以評估用人工自淨方法來幫助達成目標的可能性。我建議在淡水河整治的後續工作規劃中，加強對於河川自淨能力的調查分析，並選擇具代表性的河段作密集水質測量。

### 三、強化非點源污染管制

在水污染整治工作上致力於減少點源污染，是美國 1972 年水污染防治的主要目標，因此這一法案也被看成是以污水處理科技為基礎的法案。1987 年美國國會對此法案的執行作了一次審查，審查報告指出美國聯邦政府在 1972~1987 年間花了四百八十億美元補助各大小城市建設污水處理廠，其結果是仍有約 1/3 的河段未能達到水質標準，而且毒性物質污染對公共衛生逐漸形成威脅。美國聯邦環保署在同一時間所作的全國性水質調查則進一步指出，這種結果的造成是由於忽略了非點源和毒性物質的水污染問題，針對這個情形，美國國會在 1987 年的水污染防治法修正案中特別強調對非點源污染及毒性物質排放的管制。

他山之石，可以攻錯。國內今後在河川污染整治的工作上，不應只依賴建設污水處理廠和點源管制，而應同時致力於集水區水土保持、農藥和其他人造化合物使用的管理等。另外，對於在河床內的垃圾堆置處滲出水也應有效的防治。

### 四、維護水源 根本之道

整治河川水污染的目的是改善河川水質，以達到水質標準。河川水質標準的制定則是根據河川所預期能提出的最佳用途，河川通常被劃分為都市用水水源、灌溉水水源、水力發電、觀光遊憩等不同用途。對於不同用途的河川就會有不同的水質標準。另一方面，河川流量的大小又直接影響到河川的自淨能力，因此而影響了河川的水質。從這裡來看，水質和水量實在是一體兩面，不應分開來規劃。

對河川水質和水量都有重大影響的是——河川上游集水區的水土保持。若集水區的水土保持良好，則較大部份的降雨量可以滲入地下，成為



在土層中緩慢流動的地下水。地下水到達河川中、下游的時間遠比由地面逕流而成的河水為慢，因此地下水是乾旱季節時河川流量的來源。良好的集水區水土保持能保持河川的枯水流量，因此也保持其稀釋自淨能力。另一方面，良好的水土保持能減低洪峯，因此也減少了洪水的災害。

集水區水土保持最好的方法是維持其天然狀態，不加任何的人為侵擾。寫到這裡，我由夏威夷大學辦公室的窗子外望，只見遠山在青天白雲的襯托下顯得一片青翠，心中有甚多感觸。為了維護水源，在一定高度以上的夏威夷山區都早已劃為水土保持區，不准任何開發。夏威夷土地昂貴，房價猶高過台北市，但是從未聽到有任何縮小水土保持區面積的提議。

我建議淡水河污染整治工作今後和流域內的水資源規劃成為一體，並加強對上游集水區的水土保持工作。

## 五、毒質污染 早謀對策

淡水河整治先期工程完成後，雖尚不能使河水達到水質標準，但是淡水河各種嚴重污染河段之水質一定會有相當程度之改善。如果在河床內的垃圾堆置場也都能遷移，則對水質改善更有助益。在此之際，污染整治工作重點之一應該是在下水道用戶的接管上，因為將污水迅速收集、並輸送出口稠密的區域，是維護公共衛生所必需。美國頒佈 1972 年水污染防治法以來，各項水質維護工作似乎都是在污水處理及排放上，對於污水收集投資不多，但這並不表示污水收集不重要，而是因為美國各城市在 1972 年以前都已建有相當完善污水收集系統。

就台北地區而言，消除因水污染而造成對公共衛生的威脅，應比提昇河川中因有機物分解而減少的溶氧量更為重要。到目前為止，淡水河系整治是以由有機廢物造成的污染問題為主，今後由於經濟繁榮和工業發展，

各種人造化合物的使用量一定會增加，對因此而可能造成的毒性物質污染問題也應早謀對策。

## 六、關心鄉土 沒有距離

感謝時報文教基金會的邀請，讓我能再有機會回國參與淡水河整治問題的討論。我長居海外，對各種工程規劃、實行細節的了解一定不夠深入及全面，但是「我自台灣來；愛談台灣事」，對於國內環境保護工作之關心則和大家是一樣的，在這種心情下於教學、研究之餘，草成此文，錯謬難免，敬請國內先進指正。

## 參考資料

- 註 1 「淡水河系污染整治實施方案檢討」規劃報告，中興工程顧問社，民八十三年六月。
- 註 2 U. S. Environmental Protection Agency, "National Quality Inventory: 1986 Report to Congress."
- 註 3 U. S. General Accounting Office "Water Pollution Greater EPA Leadership Needed to Reduce Nonpoint Source Pollution", GAO/REED-91-10 October 1990.
- 註 4 「淡水河流域河川水質數學模型之研究」，經濟部水資源統一規劃委員會，民七十二年六月。
- 註 5 劉成均，「河川污染整治工程的探討及其保育觀念」水的關懷（蕭新煌等著）頁 284-313，時報文教基金會，民八十年。