

河川污染整治工程的探討及其保育觀念

報告人：劉成均

- 民國三十一年生
- 美國康奈爾大學土木及環境工程博士
- 現任美國夏威夷大學土木工程系正教授

評論人：姚關穆

- 民國十二年生
- 美國北卡州大學環境工程博士
- 現任行政院環保署顧問

評論人：馬以工

- 民國三十七年生
- 美國新澤西州立大學環境規劃碩士
- 現任東海大學景觀系副教授

河川污染整治工程的探討及其保育觀念

劉成均

前言

在自然資源開發和生態環境維護間尋求一個平衡點是現代文明社會所面臨的一項最大的挑戰。水資源的開發利用因為涉及了質和量兩方面，比起其他自然資源來，問題更見複雜。

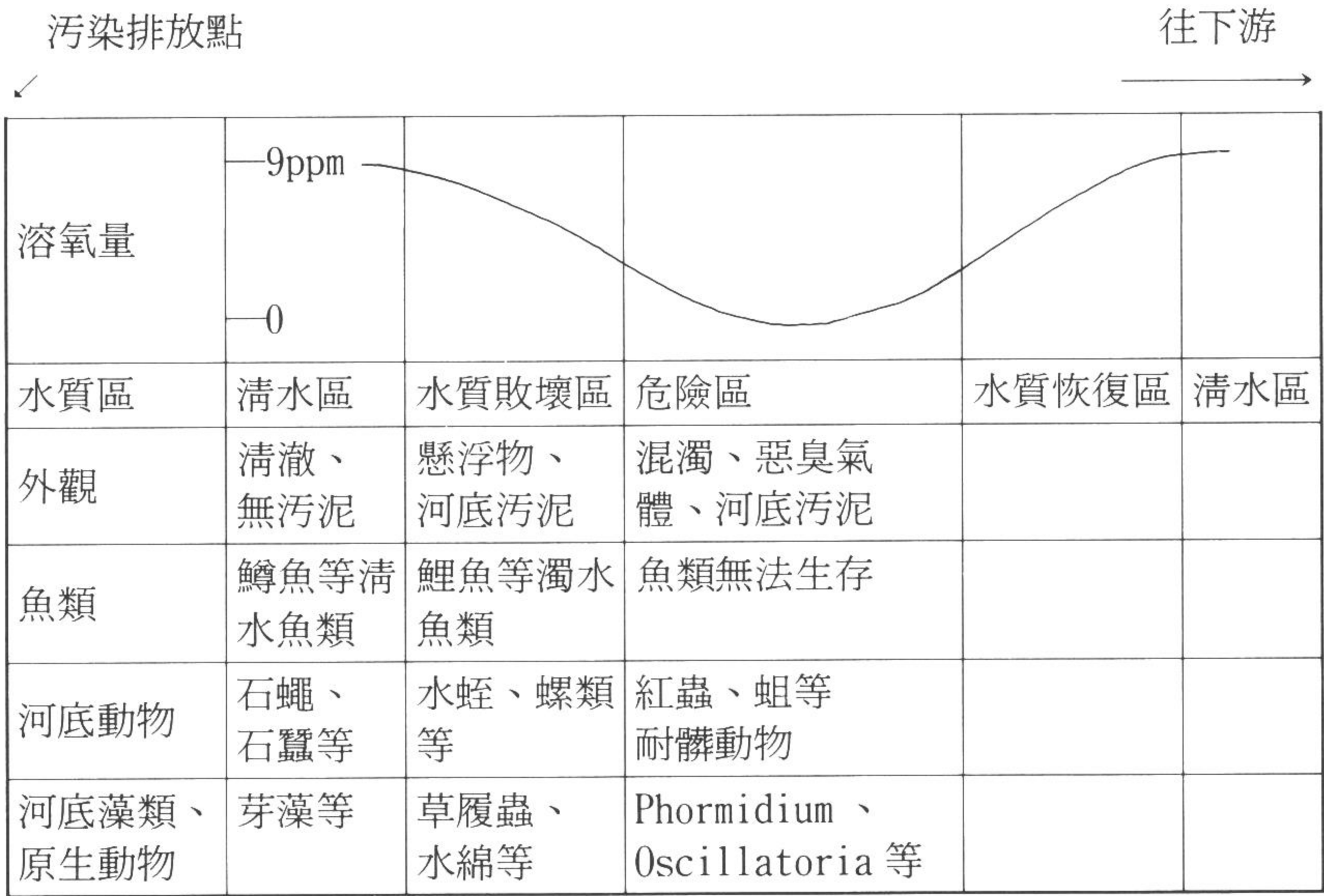
存在於地球表面的水，其總量約為 1.5×10^{18} 立方公尺。它的分佈極不均勻，大約百分之九七·二存在於海洋，另外有百分之二·二是兩極的冰帽和冰川。海水太鹹，而兩極又太遠，都是極難利用的。真正為人類生存所賴的只是剩下的百分之〇·六。這一部份的水以水文循環的方式存在於地面、地下，以及大氣層中。在人類對水的需求日益增加之際，農工業發展和人口膨脹又將大量污染物帶入各水體之中，使其水質敗壞而喪失了原有的使用價值；所以，我們探討河川污染整治必須考慮到水資源開發和生態環境保育兩方面，以及它們之間的關係。

水污染之產生、徵候及整治

淡水河及其支流目前爲人所熟知之污染情況，如水色呈烏黑色，河底冒出帶惡臭的氣泡等，主要是由於過量的有機廢物排入所致。有機廢物進入河水中後會因生物化學分解而消耗水中的溶氧。因此環境工程上用生物需氧量（BOD）作爲有機廢物的計算單位。

氧氣的溶解度很小，並且溫度愈高溶解度愈小。水溫攝氏二十度時飽和溶氧量僅約九ppm（百萬分之九）。這有限的溶氧量是維持各種水中生物包括魚類的生長繁殖所必需。在一條受污染的河川，溶氧量因有機廢物分解反應而降低，同時又因大氣的曝氧反應得到補充，這兩種自然反應的相互作用下決定了一條污染河川裡溶氧量的變化。未受污染的河川其溶氧量保持在飽和狀態，污染程度淺的河川溶氧量通常高於危險區。嚴重污染的河川，如淡水河中下游河段，則水中可能完全失去了水溶氧。一條污染河川溶氧量之變化以及相關的生態，狀況有如圖一所示。一般而言。若河川水中所含有機廢物以生化需氧量計算達到二十ppm（百萬分之二十）以上，該河川就是嚴重污染了。從這裡我們可以了解到河川很容易受到有機廢物污染。同時我們也應該了解到一條受污染的河川除了污染物外，仍蘊藏著寶貴的水資源。

傳統污水處理工程主要目的是減少污水中的有機廢物。譬如初級污水處理廠是以沈澱法將污水中的懸浮顆粒取出。部份依附在這些顆粒中的有機廢物也因此被去除。初級處理廠的有機廢物去除率約爲三五%到五〇%。二級污水處理廠是利用沈澱和生化分解方法來進一步去除有機廢物



△圖一▽嚴重污染河段之分類

，其去除率通常可達到八五%到九〇%。除了有機廢物外，水污染也會由污水中的細菌、化肥及毒性物質造成。污水中致病的細菌如霍亂、傷寒菌會因為飲用和其他與水接觸的活動進入人體。因為自來水的普及和其他公共衛生設備之建設，台灣已多年沒有這些病例。但鄰近國家如菲律賓和泰國等仍時有霍亂、傷寒等病的流行，我們不能掉以輕心。要徹底杜絕這些以水為媒介的傳染病，除了整治河川污染外，都市衛生下水道的建設更是刻不容緩。化學肥料及洗滌劑的殘餘中所含氮和磷化合物被沖入河川後會刺激藻類及其他水中植物的生長。這種過度生長及隨之而來的凋謝、分解、淤積，使得河川的自然生態改變而喪失了其作為水源、魚釣等的用途，而造成優養化問題。

以上所討論的是傳統污染物質及其所造成之水污染。另一項嚴重的河川污染問題是由於重金屬、農藥殘餘及其他具毒性的化合物排入其內而造成。這些物質的分解率很低，因此能長期累積在河水及河底的淤泥內。多氯聯苯（PCB）在哈德遜河所造成的問題就是一個著名的例子。

多氯聯苯是許多含氯的碳氫化合物的總稱，它們的用途極廣；可用作變壓器和電容器的絕緣劑，油漆的溶劑，以及農藥和塑料中的添加劑等，自一九六八年日本福岡縣發生因食用被多氯聯苯污染的米糠油而造成的中毒事件後，此一化合物對人體健康的潛在威脅漸被了解到。

在哈德遜河淤泥內的多氯聯苯是來自於上游一家電容器工廠排放的污水內，雖然一九七〇年以後該工廠已停止排放含多氯聯苯的污水，但據估計，現在仍有約五十萬磅的多氯聯苯在河底淤泥內——約八〇%停留在工廠下游長達約十哩的河段，並以每年五千磅的速率向下游推進。

隨著食物鏈的傳輸和生物累積作用，多氯聯苯可以在許多種哈德遜河中的生物（包括魚）的

體內找到，而且愈是大的魚其所含的濃度愈高。紐約州環境保護局曾一度禁止出售哈德遜河內捕的魚。根本解決之道是將含多氯聯苯的河泥挖出，不過其工程費用估計需二億美元以上。因經費浩大而財源無著，清除工作迄今猶未進行。

美國近二十年來水污染防治工作簡介

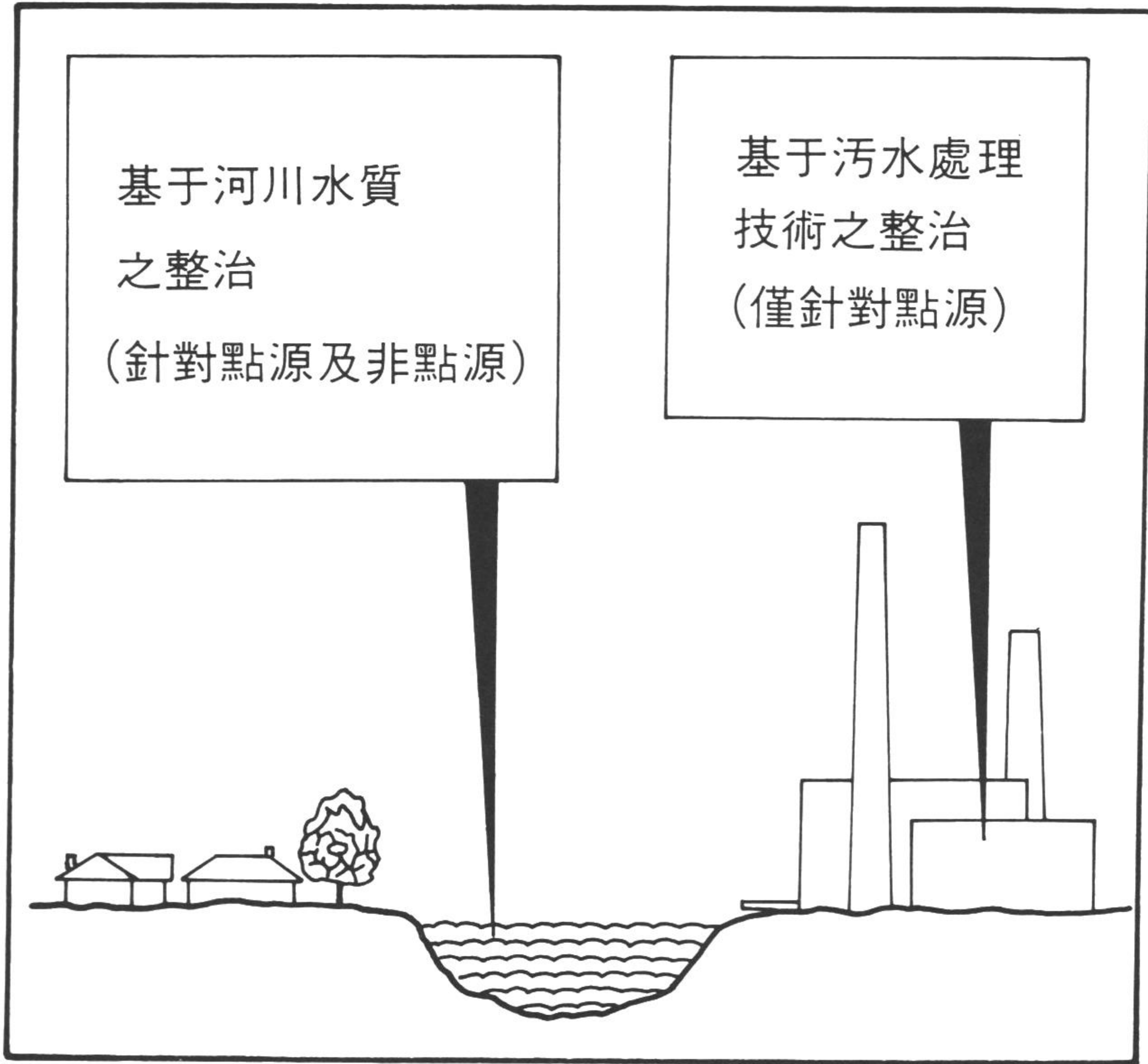
在一九七〇年代環境意識高漲的時代背景下，美國國會製訂了周詳而具有前瞻性的「一九七二年水污染防治法修正案」。

這項方案訂明了水污染防治的方法、各級政府以及污水排放者的責任。它的目標是「恢復並保持河川、湖泊、港灣及海域等自然水體內的水質，以使這些水體能提供其最大的使用功能」。

一九七二年水污染防治法規定所有廢水排放都需先取得許可證。排放水的水質必須至少在目前廢水處理科技上能達到的最低標準以上。就都市污水言，最低標準是經過二級處理後的放流水。對工業廢水而言，則依產業種類，由美國聯邦環保署製訂相當於二級處理的放流水標準。如果河川或其他水體在接納已達最低標準的污水排放後仍不能達到其水質標準，則在許可證上會要求更嚴格的放流水水質標準（圖二）。

一九七二年水污染防治法另規定聯邦政府補助都市污水處理廠興建費用的七五%。到一九八六年聯邦政府花在此項補助上的費用已累計達到四八〇億美元。

一九八六年美國聯邦環保署作了一次全國河川水質調查，調查了佔全美河川總長度的二一%



△圖二▽ 河川污染整治之二種基本方法

，長三七〇、五四四哩的河段。出人意外的發現仍有近 $\frac{1}{3}$ 的河段未能達到水質標準。調查報告指出成績不理想的主要原因是：

(1) 污水處理廠之興建未能依實際需要訂下優先次序。對有些河川而言，污水處理的程度超過了實際需要，而對許多污染嚴重河段而言，則污水在排入前未能接受足夠的處理。

(2) 水污染防治經費大多花在都市和工業的點源污染防治上，對非點源和毒性物質的防治則不夠。

非點源污染主要是由於來自於都市及農村集水區流入河川的地面逕流中的污染物質造成。另外，受污染的地下水滲入河川，也是一種非點源污染的重要原因。一九八六年的調查發現，在仍有水質問題的河段中，有六五%是由非點源污染造成的。非點源污染常導致魚蝦受細菌、農藥剩餘以及其他毒性物質感染，因此也是一項公共衛生上的潛在威脅。

淡水河污染整治工程探討

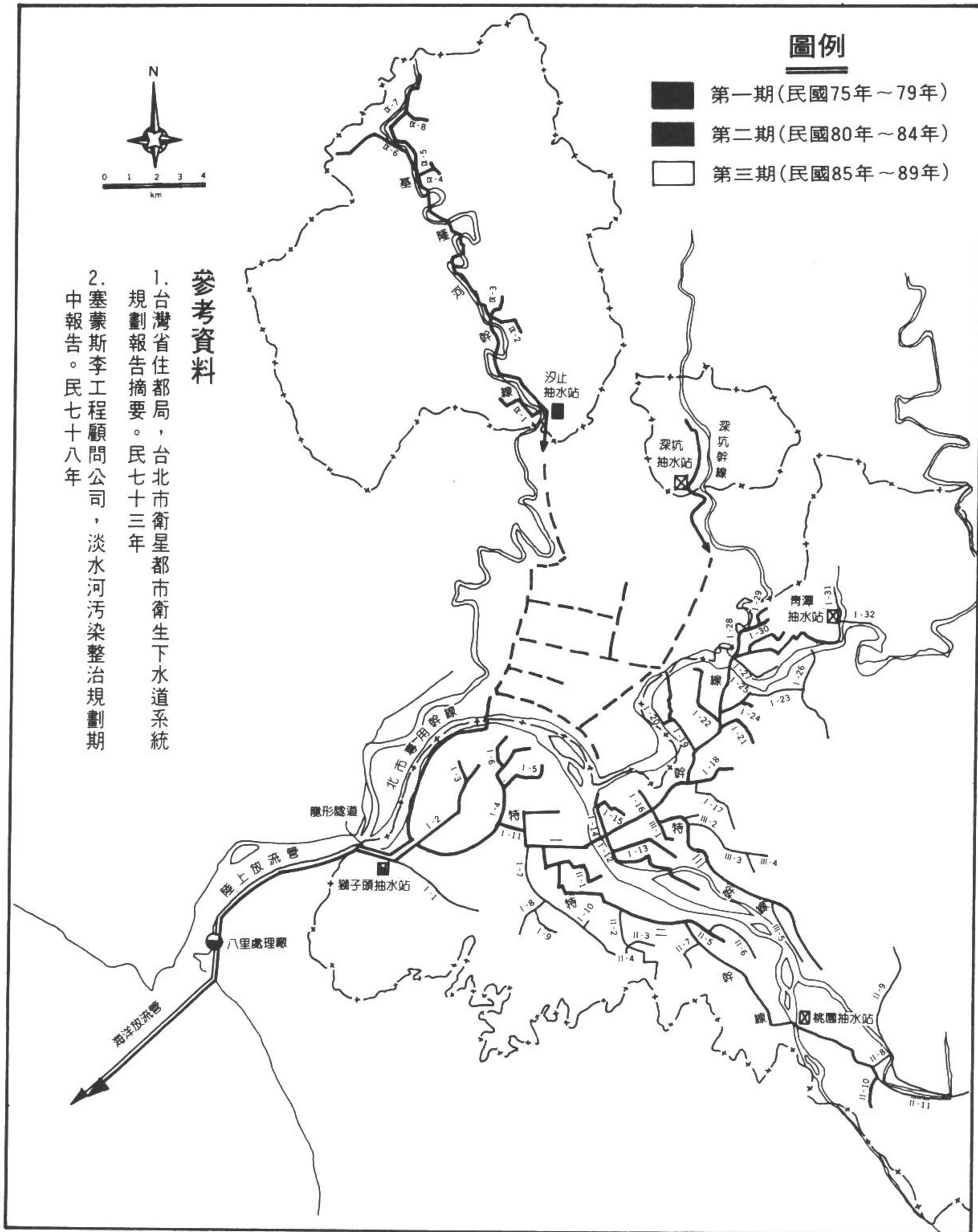
淡水河接納了來自於台北盆地數百萬居民污水和農工業的廢水。除了少數污水在迪化污水處理廠和民生污水處理廠經過初級和二級的處理外，其他的污廢水都是未經處理即直接排入河川。再加上沿河傾倒的垃圾所滲出的污水和畜牧業的放流水，使得水質污染非常嚴重。在枯水期淡水河及其支流有超過四十公里的河段是在無溶氧的狀態。台北市大部份地區仍沒有衛生下水道。都市污水是經由水肥車收集或經過大小溝渠進入淡水河。所以除了河川污染外，水污染也對公共衛

生和市區生活品質有很大的負面影響。

政府早已認識到此一水污染問題的嚴重性，並早在三十年前就已著手整治的工作。民國四十九年政府透過世界衛生組織委託美國的CDM工程顧問公司開始規劃大台北地區的衛生下水道系統。在民國六十年由CDM和經合會台北地區衛生下水道規劃小組提出了一個報告。該報告建議台北地區採用分流式衛生下水道系統，將污水收集並經截流管送往於河口附近的污水處理廠，在那裡污水經過處理後放流入台灣海峽。民國六十年後，淡水河流域水污染防治工程是中央及省市政府再加上幾家顧問公司共同參與研究、規劃和施工。根據已定案並在施工中的防治工程計畫，整個大台北地區（包括台北市及其衛星市鎮）的污水將由衛生下水道系統收集並被截流送往在獅子頭的抽水站。因為衛生下水道系統之施工需時較長，在截流工程完成後，台北地區污水將先由雨水下水道收集，並截流送往獅子頭抽水站。從獅子頭抽水站由二條直徑三·四米的陸上放流管將污水運送到位於河口附近的八里初級污水處理廠，處理後的污水再經由管徑分別為三·二米及三·六米的二條海洋放流管排放入台灣海峽。全部設計容量約四十秒立方尺（40cms）。整個計畫（不包括民國六十五年已開工興建的台北地區分流式衛生下水道系統在內）共須約五百億新台幣。全部工程分三期進行，每期需時五年，第一期工程已在民國七十五年展開（圖三）。

從上面的簡單介紹中可以看出目前採行的淡水河污染防治工程基本上是依照早期的CDM計畫。然而CDM報告僅是一項初步的規劃報告，而且其規劃的區域比起目前定案的淡水河污染防治工程要小得多。我對於將大台北地區之污水全面截流至河口經處理後作海洋放流的方式不能完全同意，以下是我針對此方案對於河川及海域水質、自然生態、以及資源保育各點可能產生的一

圖三 淡水河污染整治工程系統圖



些問題加以討論。

(一) 河川及海域水質

任何一條河川都能夠承受一定數量的污染物，並經由其分解曝氣等自然的反應後仍能保持可被接受的水質狀況。這就是河川對排入其中污染物的所謂「自淨能力」。與其他受嚴重污染的河川一樣，淡水河目前的問題是接受了超過其「自淨能力」的污染物質。所以合理的河川水質改善計畫，應致力於重建河川自淨力和污染量之間的平衡關係。

影響一條河川自淨能力最重要的環境因素是河川之流量。台灣目前在水質規劃中採用流量歷時曲線上的二五%低流量作為設計枯水流量。對於整個淡水河流域而言，根據水文分析，其二五%低流量大約是七十秒立方尺（70cms）。

換句話說，有二五%的時間淡水河流量會低於七十秒立方尺，以水文觀點來看，一條河川之枯水期流量主要來自地下水之補注，也就是所謂的基流（Base flow），台北地區在天旱時的用水，不論是取自中下游河段、上游水庫，或是地下水，都會影響到河川低流量。因此將四十秒立方尺的污水截流不使其回到河川就直接排入海洋，會嚴重影響河川低流量。另外值得注意的是截流及海洋放流僅針對點源污染，在這些工程完成後相當大量的非點源污染仍會進入河道。在淡水河之自淨能力因截流和海洋放流而減少的情況下，這些非點源污染很可能造成河川水質問題。何況自沿岸垃圾堆置場所滲入河川的污水，加上畜牧業之排放水，更是淡水河特殊的非點源污染問題。

在過去的規劃工作中，對於海洋放流對海域環境之影響分析也不夠深入，污水排放入海後，會因重力擴散而和四周的海水混合，因此排放水中的污染物濃度會被稀釋。根據八里海洋放流評估報告，八里海洋放流可達到一百倍以上的最初稀釋度。因此該報告認為海域的水質可以維持。要注意的是初期的重力擴散是在所謂「混合區」內達成。在混合區內因為稀釋未完成，其水質狀況要比周圍海域惡劣得多。對於混合區內之水質狀況以及它對海域生態的衝擊，在評估報告內並未深入研討。

在最初稀釋後，污水隨海流而移動，在評估報告中指出，海流會將八里的放流污水沖離淡水河口。然而此結論是根據淡水河之入海流量相當大的情形下推導出來的。在乾旱期，八里的放流污水仍有可能會隨海流而污染河口附近的海域。另外一個可能就是放流的污水受潮汐的作用而回流淡水河，使得淡水河下游感潮河段的水質問題惡化。

(二) 感潮河段生態環境

感潮河段是河川下游受潮水影響之部份，河川入海流量減少會導致海水入侵及因之而來的自然生態改變。根據一份最近的生態研究報告，在淡水河與基隆河交會處的關渡沼澤，從民國六十七年至七十三年，蘆葦和鹹草所佔的面積有很顯著的減少。研究人員認為這項植物的改變是由於地下水超抽導致地下水和土壤中鹽份增加所致，這些年來大台北地區有效的管制地下水已使得此一問題大為減輕，但是全面污水截流和海洋放流完成後，很可能再次引發海水入侵，而使得問題更加嚴重。

在關渡地區有許多稀有鳥類大量棲集，而使它成爲台灣北部地區最佳的賞鳥區。爲了保護這個自然生態資源，台北市政府已著手闢建關渡沼澤爲一自然公園和野生動物保護區，由於這些鳥類和其他野生動物的生存繁殖有賴於蘆葦和鹹草等低莖植物。因此，鹽份增加造成此等植物的覆蓋面積減少，已引起許多生態學者的關切。

(三) 資源保育

污水在經過適當的處理後，可以直接作爲都市給水、農田灌溉及工業用水。一般而言，若要用作都市給水，需經過高級處理，以符合相當高的水質標準，若僅作農田灌溉和工業用水，則水質標準可以相對地降低。污水經過處理後亦可排入河川或地下水，在這些水體內經過自然淨化後重新成爲水源。

大台北地區的快速經濟發展和都市化，會在未來造成水資源供需上的壓力。因此將污水再利用列入水資源經營管理上的一項可能方案是有其必要的。但是，在全面污水截流和海洋放流計劃下，污水回收再用的可能性就被捨棄了。

污水截流和海洋放流計劃，對大台北地區未來的能源供需也會有很大的負面影響。此計劃包括五個大抽水站。其中最大的一個在獅子頭。根據設計報告，污水從上游地區經截流管輸送到獅子頭抽水站時，其水位爲地面下約卅公尺，因此獅子頭抽水站之設計揚升水頭將超過四十公尺。在如此高的揚程以及近四十秒立方公尺的巨大流量下，其能量之消耗將是非常可觀的。

對淡水河污染整治工作的建議

我根據以上的探討，並吸取美國近廿年水污染防治工作上的一些經驗，願對淡水河之污染整治提出下面幾點建議。

(一) 加速大台北地區衛生下水道系統的建設

水污染防治工程在點源污染控制上包括收集、處理及排放三方面，污水處理和排放雖然見仁見智，有不同的可能方案，但是收集污水的衛生下水道系統是一個現代化都市所必需，在全部台北地區都納入衛生下水道系統後，整個區域的公共衛生和居民生活品質都能改進。因此衛生下水道的建設比起河川整治更具急迫性。

(二) 繼續整治工程之第一期工程並注意工程品質

屬於第一期工程內的八里污水處理廠，海陸放流管和抽水站等各項設施，僅佔全部整治工程的 $\frac{1}{3}$ 。而且目前都已在施工中。上文所提到的各項對全面截流和海洋放流計劃之可能不良後果都與計劃的規模大小有關。我認為將台北地區部份污水作海洋放流有其必要，因此我建議將第一期工程按進度完成。其中有些設施，如大口徑的海洋放流管，是國內初次興建，所以應特別注意工程的品質。

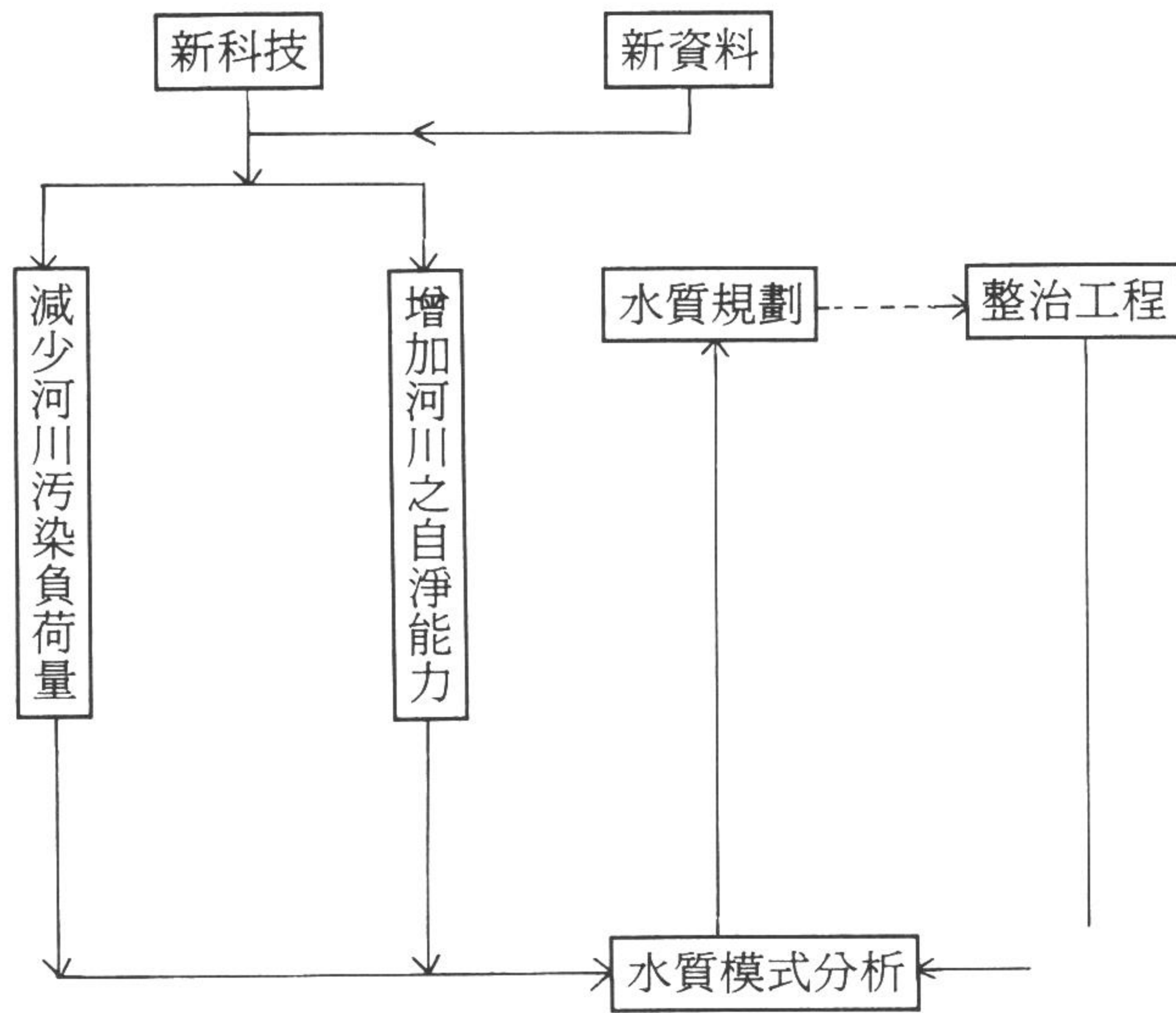
(三) 對截流和海洋放流計劃的二、三期工程作再評估

河川污染整治之規劃，應是一項長期性的工作，並應和實際工程相配合。在整治工程達到一定的進度後，對原規劃作再評估是有其必要的。在部份工程完成後，原規劃對水質改善的效果和對河川自然生態的影響都有了新的資料，可以用來檢討原先所作的一些假設。而且水污染整治的新科技和新觀念也會繼續發展出來，應將其納入規劃中，規劃與整治工程之關係如圖所示。

藉著再評估，我們可以進一步探討全面截流和海洋放流的可取性。並考慮到其他方案，包括二級處理後河川放流，污染源之登記及嚴格管制，以及工業廢水納入都市污水系統前之預處理等。我們也應吸取美國近廿年來在水污染防治工作上的教訓，將非點源污染和毒性污染物質對淡水河水系所可能造成的問題詳加研討，並訂定防治的方法。若將原納入二、三期工程之海洋放流由其他方案取代，則原規劃的八里污水廠和抽水站等的規模都可以減少很多。

(四) 整治目標之確立及全民環境意識和參與感

淡水河水質污染嚴重，需要從速治理，我想這是大家的共識。但污染治理究竟應到甚麼程度？治理的目標是甚麼？則不僅是一般民衆，即使是專家學者也很難給予一個具體的答案。就水質管理的觀點來看，首先要確立的是河川各河段之最佳的可能使用方式。以淡水河水系而言，上游河段應以水源的涵養為主，中游應是觀光及休憩活動為主，感潮河段及河口區則應以自然生態之保育和漁釣等水上活動為主。有了最佳使用的腹案才能將河川各河段作合理的分類，然後定出水



〈圖四〉河川水質規劃與污染整治工程之關係

質標準。

以上的工作應由研究和規劃人員配合，並在適當時機以民衆公聽會的方式收納民意於其中。國內民衆爲環保問題的集會多是爲了反對一項開發案或是以受害人身份來召開，這固然對環境維護有幫助，但我更希望能見到很多具積極意義的環保集會，大家爲未來描繪出一個美麗的遠景；在督促政府有關施政的同時，也意識到自己爲達到這遠景應付出些什麼。

結語

幾年前我曾在南京河海大學作了一次專題演講，介紹以實地測量方法，估求河川水質模式之各項係數值。在講後，聽衆所提的問題中，有一個是如何在一條完全沒有溶氧的河段以實測法來估定去氧係數，提問題的是一位參與製作黃埔江水質模式的河海大學講師。從隨後的討論和實地觀測中，我了解到黃埔江下游河段的污染情形較淡水河更爲嚴重。這些年來上海市自來水系統的取水口一直向上游移動。由於各種因素的限制，中國大陸有許多河川遭受嚴重污染但尙未開始整治，因此淡水河污染整治所獲取的經驗除了可供台灣其他河川治理之借鏡外，也將可應用在大陸上各條嚴重污染河川之治理上。

「聖人出，黃河清」，這是我們中華民族數千年來猶持守著的盼望。隨著科技進步，經濟發展，除了早期在集水區的濫墾所引起的水土流失以致河水含砂量增大的問題仍繼續存在外，更多的不同種類污染物質被大量排入河川。要達到美好的環境品質和水資源的保育，我們今天已不能

只寄望於幾個聖人，我們必須人人都具有維護自然環境舍我其誰的胸懷。在此願大家都成聖人，更願美麗的寶島和神州大地都能青山常在，綠水常流。

參考資料

1. 台北市衛星都市衛生下水道系統規劃報告摘要，台灣省住都局，七十三年七月。
2. 八里污水處理廠及海洋放流管等工程環境影響評估報告書，台灣省住都局，七十六年六月。
3. 七十八年度大型環保研究計劃論文摘要專輯，行政院國科會環保工作小組，七十九年七月。
4. 淡水河系污染整治規劃報告，塞蒙斯李顧問工程公司，七十八年四月。
5. Liu, C.C.K., Kuo, J.T. and Chen, H.H. 1989. Water Quality Modeling of Anaerobic River Reaches: Waste Load Allocation For Keelung River In Northern Taiwan. *Advances in Water Pollution Control*, Pergamon Press, Vol. 5, pp. 159-166.
6. U.S. General Accounting Office . 1989. Cleaning up heavily polluted waters, GAO / RCED-89-38, Washington, D.C.
7. Water Pollution Control Federation. 1982. The Clean Water act with amendments, Washington, D.C.