

台灣之河川污染及其與生態環境之關係

國立台灣海洋大學 鄭森雄

“台美環保及再生研究會” 專題演講 2009 年 7 月 10-12 日美國亞特蘭大
(2009 Taiwan – US Conference on Environmental Protection and
Recycling, Keynote speech, July 10-12, 2009, GA, USA)
美東南區中華學人協會 (CAPASUS, Chinese-American Academic and
Professional Association in Southeastern United States) 主辦

摘要

台灣在 1960-1970 年代快速發展工業，未經處理之工廠廢水大量排入河川，造成環境污染。為知河川污染是否對台灣島內魚貝類，造成影響，筆者等曾詳細調查台灣養殖魚貝類，河川及沿海養殖貝類之重金屬及農藥殘餘量。結果發現所有養殖魚貝類之重金屬及農藥含量皆無食用顧慮。但是部份河川及港口之水域卻已被污染。未經處理之工業廢水經證實是 1970 年代，台灣西南沿海養殖貝類大量死亡之主因。自然環境及人類活動影響了台灣河川的水質，在雨季，由於河水量大，河水流速亦大，台灣河川之水污染較輕。在乾季，工業廢水及都市污水沈積於河床，河川污染嚴重。在雨季之初，沈積於河床之污染物，一次被沖至河口，此時台灣西南沿海之污染最重。台灣之環境科學，需要國人自己實地，長期及整合學科之研究。

一、前言

在台灣，實地從事有關環境科學之研究，大概開始於民國六十年(1971)左右。主要原因是到了民國六十年左右，台灣的工業有了快速的發展，環境污染不再是書本上的知識，而是實際發生在台灣的問題。最引起大家注意的是在外國，特別是日本，曾經發生過的，因為環境污染，使得魚貝類及人民中毒的案例，會不會也發生在台灣？另外，在民國六十年代開始，在台灣有許多河川及沿海養殖的魚貝類，發生大量死亡現象，是否因環境污染而引起的？

上述二個問題都與魚類有關，它所呈現的問題有兩種含義，一種是魚類是否受到工業廢水的污染？吃了污染的魚會影響消費者的健康嗎？另一種含義是魚類之死亡，直接代表了人民的損失，當漁民的利益受到重大損害時，即會要求政府對產生污染的工業加以管制。換句話說，為了免除國民健康受環境污染之危害，及保護國民經濟利益不受損失是台灣環境科學研究的推動力。而污染現象之呈現，首先是我們週遭的生物，尤其是魚類，受到損害，才引起我們的注意。整個環境科學之發端可以說是因為環境中的生物受到影響而引起的。

二、台灣魚貝類中「微量毒物」之含量

在 1970 年左右，美國食品及藥物管理局開始規定銷往美國的魚類，其含汞量必須低於 0.5 ppm。這種對魚含汞量之規定，是由於確知食用含汞過高的魚，會使消費者健康受損。具體的實例是 1950 年代發生於日本的水俣病。水俣病是因為工廠排出有機汞廢水，經由魚貝類而使人民中毒事件，患者近千人，可能影響到數萬人的健康，因此世人對於重金屬等「微量毒物」之污染乃給予極大之注意。

為了明瞭台灣所產之魚貝類是否受到「微量毒物」的污染，而影響國民健康，筆者曾積極從事台灣魚貝類中「微量毒物」含量之研究。「微量毒物」係指只要很少的量，就能對生物產生重大毒害的物質，如重金屬之

汞、鉛、鎘，農藥中之 DDT，及放射性物質等。為了解全盤的狀況，筆者等乃自台灣全島不同的水域，分析各種魚貝類中「微量毒物」之含量。

1. 養殖魚類

由台灣各地的養殖魚塢包括地下水、稻田魚塢、鹼水魚塢、高山水庫等，採捕魚類，分析重金屬與有機氯劑農藥後，發現台灣養殖的魚貝類，所含的「微量毒物」有以下特性：(1)台灣所有的養殖魚類，所含的重金屬與有機氯劑農藥含量都很少。而且，不同水域採得的魚貝類，其中毒物含量之差異甚少。(2)當以台灣養殖魚貝類微量毒物含量，與外國資料比較時，發現台灣產者之含量皆低於外國規定之食用標準。

2. 西南沿海養殖貝類

台灣的西南海岸養殖了許多牡蠣文蛤，為知其受河水之影響，在 1970 年代，我們也定期每二個月，以一年時間詳細分析其中重金屬及農藥含量，由實驗結果得知台灣牡蠣及文蛤之重金屬及農藥含量皆甚低，而且季節性變化不大，由此可知這些養殖貝類並沒受到「微量毒物」之嚴重影響。

3. 自然水域

除了養殖魚貝類以外，筆者等亦自許多自然河川及港口，如大肚溪、朴子溪、基隆港、高雄港採捕魚類，分析其中重金屬與農藥之含量。由實驗得知台灣許多自然水域已經受到重金屬某種程度之污染。幸好，這些自然生產的魚類產量很少，平常也少有人去採捕，所以對國民健康的影響不大。

4. 台灣魚類含「微量毒物」之特性

從以上結果可以知道：(1)台灣一般水域養殖的魚類沒有受到重金屬或農藥的嚴重污染。(2)河川或港口的魚類有一部分已受到污染。(3)在河川出口的沿海養殖牡蠣沒有受到污染。對於第一項的結果(一般養殖的魚，少有污染)，可以解釋為因為漁民小心選擇養殖用水，所以養殖的魚類，沒有受到污染。第二項結果(河川及港口的魚，部份已污染)，毋寧是可預料的，因為由現場可知許多工業廢水未經處理即排入河川或海中，魚類之受污染

乃理所當然。最難以解釋的是第三項結果(台灣西南沿海之牡蠣只有很低的重金屬或農藥含量)。既然台灣河川已受重金屬污染，而在河川出口沿海養殖之貝類，卻又沒受重金屬污染，到底是什麼理由?直到筆者研究了台灣西南沿海養殖貝類大量死亡原因之後方才獲得解答。

三、台灣西南沿海養殖貝類之大量死亡現象之研究

1. 台灣養殖貝類大量死亡

牡蠣在台灣俗稱蚵仔，它與文蛤共為台灣最重要的養殖貝類。以民國六十三年(1974)為例，它們的生產價值共達新台幣陸億陸仟萬元之巨。台灣貝類之養殖地區以新竹、彰化、雲林、嘉義等縣最為重要。然而，這些養殖的貝類，在 1970 年代面臨了一個嚴重的威脅，那就是每年四、五月發生的大量異常死亡的現象。在民國五十七、八年間(1968-1969)，彰化、雲林、嘉義一帶的漁民們開始注意到每年四、五月間，他們所養殖的牡蠣、文蛤有大量死亡的現象發生。貝類在養殖過程中，因為敵害及其他因素，其收成不會百分之百，普通都有或多或少零星的死亡。但是，從民國五十八年以後，每年都定期發生大量死亡的現象，損失率少者在 30~40%，高者達 60~70%；死亡的地區，涵蓋彰化、雲林、嘉義一帶。每年損失的金額在新台幣壹億元之譜，漁民所受的損失，不可謂不巨。綜合各方的報告，這種貝類大量死亡的現象，有下列幾項特徵：

- (1) 從民國五十八年以後，年年皆有死亡事件，但是每年的損失並不相同，有時損失率大，有時較少。
- (2) 發生死亡的現象，幾乎都在四月、五月間，雖然其他月份也有偶而死亡。
- (3) 貝類的死亡，大約發生在下大雨後二、三日，持續死亡一、二星期。在此期間，如貝類幸而不死，則可殘存。
- (4) 死亡的地區，以嘉義之東石、口湖一帶死亡較多，布袋、鹿港等地則死亡較少，同一地區似乎以靠近溪流和沙溝出口的蚵架損失較重。

關於這些淺海養殖貝類「定期」發生大量暴斃的原因，有許許多多不同的猜測。其中包括有：(1)水質污染；(2)疾病；(3)紅潮來襲；(4)養殖密度過高；(5)環境因子激變；(6)農藥污染等種種推測。

最早的一種猜測，說貝類死亡是由於「紅潮」(或稱「赤潮」)所引起的，因為許多人發現當貝類死亡前，有一種絳紅色，且有異臭的潮水浸溢養殖區，貝類隨即死亡。這種毒水來時，連大魚都漂浮而死，蟹也死掉，蚶自然也不例外。如果貝類之死亡確因赤潮而起，則養殖場應該會有浮游生物異常繁殖現象，但據調查，現場的植物性浮游生物並不多，所以有人推定赤潮並非致死原因。

許多漁民說在二、三月河川上游的紙廠，化工廠放出廢水，四、五月蚶仔、文蛤就大量死亡。在民國五十八年左右，台灣工業有了加速的發展，工廠大量設立，或者增添設備，加速生產，所以工廠廢水最有關係。但是反對的人卻說，工廠並非只在四、五月才排水，而是經年不斷，為何別的月份不死?所以他們推斷工廠廢水可能是原因之一，但並非是絕對的因素。

生物因疾病而死亡是常有的事。台灣牡蠣是否因疾病死亡，並無實驗報告。但是如果致死原因是因為疾病，應該不會東石地區死的多，布袋地區死的少，因為兩地相差只有幾公里而已，而且死亡都在每年4~5月，且僅持續1~2週，疾病似乎不能說明此種現象。

另外有人提出貝類養殖過密，及環境突變，是其死亡之主因，因為養殖過密，因此貝類在成長時食物及氧氣均感不足，甚至有重疊而生活者，在春夏之交，遇氣溫、水溫或鹽度驟然變化，就會導致大量死亡。但是何種密度最適宜，所謂環境突變之根據為何，似乎皆缺少堅強的實驗證據，以證明此項推論。

為了預防及解決此等貝類之大量死亡，筆者等曾經自各方面詳加檢討，研究其可能致死之原因，經過許多現場之調查及預備試驗，筆者首先推論此項貝類大量死亡之主要原因，乃由於河川之水質污染所致。

2. 工業廢水為貝類死亡之原因

如上所述，許多人認為，養殖場之水質與貝類之死亡應該沒有關係，因為工廠並非只在四、五月運轉，而是整年排水，所以工業廢水，可能對牡蠣、文蛤有影響，但並非主要因素，然而，如果熟悉台灣的氣候及河川的性質，即可摒除此項誤解。

台灣各河流均以中央山脈為分水嶺，東西分流，歸入海洋。因為中央山脈，離海岸近，所以河流的坡甚陡，流程短而急。而且水量在不同季節之分配不均，逐年變易亦大。例如西南部嘉南平原地區，雨水集中夏季，冬季常常乾旱。在雨季中，河流上游雨量特多，雨水甚為集中，再加上流路短促，中途又無湖泊加以蓄積，所以在五月至十月左右水量頗大。到了乾季十一月至翌年四月，則雨量稀少，大多數河流迅即乾涸，僅僅看到涓涓細流或完全乾涸的河床。

工業廢水是否污染河川與河流本身之流量及流速有極為重要的關係。如果河川水量足夠，則排入河川之廢水可被沖淡、稀釋，因此對水中生物之影響較小。在雲、嘉南地區，每年的五月至十月，因為雨量充足，河水盈滿，所以如果有工業廢水流入河川，應該易被沖淡。到了十月以後的乾旱季節，則因為河水流量甚小，工業廢水很不容易流至河口出海，因而沈積於河床上。因此在乾旱季節，河川本身可能受到重大的污染，但是污染物則不大會流至河口，而是逐漸地一個月一個月地沈積於河床。到了四、五月，當大雨來臨時，則以前數月至半年沈積於河床的污染物即一次被沖下河床，流至河口，如此，即對棲息於河口之生物造成重大災害。

為了證實上述推論是否正確，我們曾詳細調查貝類養殖場附近的河川及其河口的水質化學性質。以朴子溪為主，嘉義、雲林之其他河川為輔，由1974年3月至1975年4月共做了八次水質化學調查及生物實驗。另外，以大肚溪為主，彰化之其他河川為輔，由1975年7月至1976年5月共進行了十次水質化學調查及生物實驗。由這些實驗得到了以下的結論：工廠排出之廢水中，含有強烈有毒物質，在乾季(每年十一月左右至次年四、五

月)中沈積於河床，每年春季初次大雨來時，即將累積在河床的有毒物質，沖到河口，此為台灣淺海養殖貝類大量死亡的原因(圖一)。

四、自然環境對台灣河川水質之影響

由上述之研究例子，可以知道雖然工業廢水之污染河川是台灣西南沿海養殖貝類大量死亡的主要原因；但是許多其他因素，例如台灣的氣候、地形、農業與工業發展的形態，人口的分佈等等生態的因素，對於台灣河川水質都有重要的影響。這些影響因素可以分為自然環境與人類活動二大類。

在自然環境中，影響台灣氣候最大的因素，是為東北季風與西南季風。在台灣，東北季風盛行於冬季，故東北部以冬季為雨期，西南季風發生於夏季，故西南部以夏季為雨期。台灣一般多雨，平均之年雨量為 2,582 公厘。因冬夏季風來向之不同，以及中央山脈之屏障，乃使台灣南北二部雨量之季節分配大不相同。北部雨水之分配較為均勻。中南部夏季因有西南季風，故雨量乃夏多而冬少，愈到南部，雨量集中夏天之現象愈顯明。台灣西南部經常發生大旱與小旱。大旱之發生全在冬期，尤以十月至翌年三月為多。

這種雨期與雨量的分佈情形，深深的影響了台灣河川全年的流量及水質。因為台灣的河川均發源於中央山脈，發源地地勢高峻，中途又無湖泊，因此河川本身毫無調節水量之能力，雨水之大小，即為河川流量之多寡。在旱期，因為沒有雨水，河川乃形乾涸；在雨期，所降之豪雨，又常使河水暴漲。因此台灣河川之洪水量與枯水量相差極大。當工業廢水或都市污水排入河川之時，台灣河川是否有足夠水量稀釋污水或廢水，雨量之多寡乃為最大之影響因素。在東北部，因冬夏雨量較為平均，不同季節中，河川涵容污水之能力較為平均。在西南部，因為夏季雨量甚豐，河水之流量相對亦大，因此在夏季，河川涵容污水之能力最大，然而在冬季，因該地區幾無雨水，許多河川形同乾涸，如有工業廢水或家庭污水排入，河川即

受嚴重污染。台灣東部在冬季未如西南部乾旱，故其在冬季涵容污水之能力大於台灣西南部。

除了雨期及雨量外，降雨強度對河川之水質亦具有重大的關係。如一地之降雨強度過大，則不僅增加土壤流失，且助長土壤之浸蝕。台灣河川主要分水嶺之地質多為黏板岩，質地脆弱，兼之森林保育欠佳，一經暴雨，上游土砂，石礫極易崩坍，沖入河川，順流而下，對於河川之水質影響甚大。在乾季與雨季交接之時期，初次暴雨，會將乾季時河川上之沈滯物一次沖至河口。

五、人類活動與台灣河川之水質

農業的經營，工業的發展以及人口的分佈等等人類的活動亦大大的影響了台灣河川的生態，進而使水污染有特殊的形態。

台灣從台中以南之西部平原，係農業之主要根據地，然而此等地區，冬期雨水極為稀少，其量常常只有全年雨量之 20%；西南部高雄、屏東一帶，甚至少於 10%，有時二、三個月無雨，土地乾燥，河川枯竭。灌溉在農業上非常重要，為了灌溉農田，所以從往昔至今日，在中部及嘉南平原的河川及排水道上，建有許多埤或壩；無埤之處，農民則以砂石或砂包圍堵河床，儲水以供灌溉。因此在乾季，原來水量甚少的河川，即被水閘、埤、壩、砂石等圍堵，而使河水成為一段一段，互不相連。這些農業的活動，深深的影響了乾季時河川的生態。在冬末春初，台灣西南部河川中之魚類及其他水棲生物為水閘、埤等隔離，分開的棲息著，互不相通。此時河川成為一段一段的水塘，如有魚欲溯河而上，事實上乃不可能。

台灣的河川不能行船，所以對內交通，概以陸路為主。縱貫南北的西部鐵路，是交通的主要動脈，再加上百分之九十的公路都在西部，因此台灣各大都市皆在鐵路縱貫線的兩旁。除基隆、高雄兩港因面臨海岸、都市污水或工業廢水可以直接排入海洋外，台灣西部大部份市鎮的污水皆先排入其鄰近之河川，再由河川流至海洋。一般市鎮內之污水包括有家庭污

水，糞便污水，雨水及工業廢水等四類。在台灣，市鎮污水大都未經處理，即傾入河川，因此在台灣西部地區，市鎮附近的河川即深受市鎮污水的影響。例如台北附近的淡水河，台中、彰化附近的大肚溪、嘉義附近的朴子溪，新營附近的急水溪等河流皆為其例。台灣東部因人口集中密度較西部低，市鎮污水之污染較少。

因為交通方便，人口密集在西部的關係，在台灣工業區亦大都分布于縱貫鐵路的兩旁。尤其集中在北基、台中、台南、高雄等大都市附近。目前台灣大多數的工廠廢水處理不佳，許多廢水皆直接流入河川而進入海洋，因此，位於縱貫鐵路以西的河川比較容易受工業及市鎮人類活動影響；縱貫線以東河川，因城鎮，工廠較少，水質所受影響則較少。

六、為何台灣沒有發生類似日本水俣病之中毒案例？

日本在 1950-60 年代工業大量發展，未經處理的廢水排入河川，沿岸，乃造成後來的水俣病。台灣在 1960-1970 年代，同樣地，也急速的發展工業；同樣地，工業廢水也未經處理，就排入河川及沿岸。為何台灣能夠倖免於發生中毒的案例呢？

由以上我們的研究，可以了解是由於種種生態的因素，使得台灣的河川及沿岸雖然受到工業廢水及都市污水之污染，卻沒有產生足夠讓人吃了會中毒的魚貝類。其中生態之因素包括；

- (1)台灣的地形，中央山脈高達 2,000~3,000 公尺，然而河川卻常短於 100 公里，坡度極大，中間又少湖泊，污水常常直接沖入沿岸，很少沈積於河床。
- (2)台灣一般多雨，尤其夏季常有颱風及暴雨，台灣的河川坡陡流急，壞處為河川整治甚為困難，但是如有污染物，易被暴雨沖走，不會一季一季的累積在河床。
- (3)台灣海岸線平直，少有內灣，不是內海養殖之好場所。但是由河川沖來之污染物，不易停滯在沿岸，很快即被海水稀釋。台灣沿海極不易

發生類似”紅潮”之案例。

(4)台灣的气温，常在 20~30°C，污染物較易分解。

(5)台灣沿岸之水溫，週年常在 20°C 左右，魚貝類成長較快，台灣的牡蠣大約放養 1-2 年即被收成，養殖魚貝類超過 1-2 年的不多，不像國外許多冷水地區放養超過 3-5 年的甚多。因此，台灣養殖的魚貝類常常沒有足夠的時間來累積重金屬或農藥。

整體而言，台灣的环境，使得河川及沿岸的魚貝類，在环境受到污染時，要就是”死”，要就是”活”，比較少在”殘存”的狀態下，繼續累積毒物。這些因素使台灣能倖免於吃到”累積環境毒素”的魚貝類。

七、討論

1.台灣之环境科學，需要國人自己實地研究

由以上之研究實例，可知环境科學之研究，必須先了解地方之實況，才能進一步的討論环境保護或改進。雖然我們已經知道台灣許多工廠排出之廢水皆未經處理，含有許多毒物，依照一般生物學常識，應該會多量累積在生物體中。但是因為台灣之特殊地理环境—河川短促，有乾雨季之差別，海岸地形之特殊，乃使得台灣產牡蠣只含甚少之毒物。因此在台灣，工廠廢水之處理與國外應該不一樣。在考慮整個环境科學時，許多因素，如氣候、地理狀態、農業與工業發展的形態，人口的分佈，種種生態因素都應考慮進去。雖然基本學理可以引用國外之知識，但是环境之不同，生物即受到種種不同之影響，台灣之环境科學需要國人自己實地去研究。

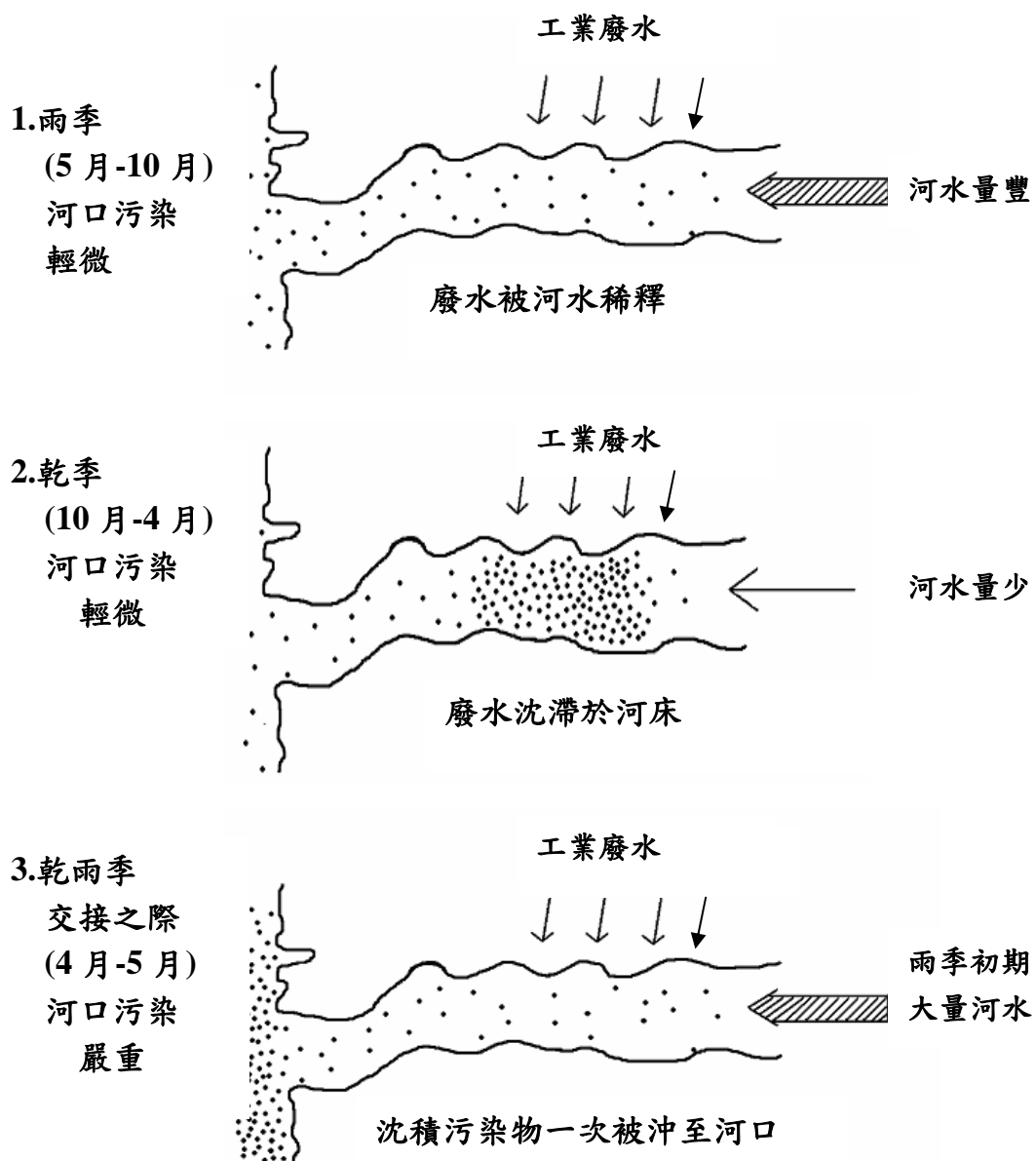
2.环境科學需要「長期研究」與「學科整合」

环境科學的研究，如同其他科學一樣，需要長期有系統的研究，方能對整體情況有所了解，除此以外，學科的配合，對於环境科學尤為重要。例如筆者等一系列之研究，主要係以物理、化學方法，去測定台灣河川及沿岸水質之特性；但是需要許多生物學之知識，方能了解其對魚類之影響；更需要了解氣候，自然環境，人類活動等知識，才能全盤的了解事實

真相。另外，在研究初期所得之結果常常只為片斷之知識，必須經由長期的實驗，將各個片斷連接起來，才能窺其全貌。因此在將來，我國環境科學之研究，各個學科應該如何配合，如何長期而有恆之研究，乃為一極重要之課題。

八、參考資料

1. Heavy metal contents in Taiwan's cultured fish. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica.*, 12(2): 79-85, 1973.
2. Organochlorine pesticide residues in cultured fishes of Taiwan. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica.*, 13(1): 37-45, 1974.
3. Effects of heavy metals and pesticides on the mass mortalities of cultured shellfishes along the southwest coast of Taiwan. *J. Fisheries Society of Taiwan*, 3(2): 35-39, 1974.
4. Effect of river water pollution on the mass mortalities of cultured shellfishes along the southwest coast of Taiwan. *J. Fisheries Society of Taiwan*, 4(1): 51-71, 1975.
5. Acute toxicities of Po-Tzu river water and the mass mortalities of cultured shellfishes. *J. Fisheries Society of Taiwan*, 4(1): 73-83, 1975.
6. Heavy metal concentrations in fishes of Taiwan. International conference on heavy metals in the environment, October 27-31, 1975, Toronto, Ontario, Canada.
7. Water quality in rivers of central Taiwan and its effect on fish. *J. Fisheries Society of Taiwan*, 5(1): 43-60, 1976.
8. Water quality in central coast of Taiwan and its effect on mass mortalities of cultured shellfishes. *J. Fisheries Society of Taiwan*, 5(1): 61-70, 1976.
9. The occurrence and seasonal variations of Na, K, Ca, Mg and heavy metals in Taiwan's oysters and clams. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica*, 18(1): 11-20, 1979.
10. Water qualities of Kaoping River-Comparison of 1976-1977 with 1979-1980. *Natl. Sci. Counc. Monthly, ROC*, 10(11): 961-971, 1982.



圖一 生態環境對台灣西南部河川及河口水質污染之影響