

高雄地區河川及工廠廢水對水產生物 影響之調查研究

曾文陽 · 陳世欽 · 陳忠信

Study on River Pollution in Southern Taiwan and the Effect of Industrial
Wastes to the Aquatic Organisms

Wen-Yang Tseng, Shih-Chin Chen and Chung-Sing Chen*

This report is based on the biological investigation of the rivers around Kaohsiung area and the bioassay results with some species of fresh water fishes, to study the river pollution and to test the acute toxicity of industrial wastes to aquatic organisms, in order to trace the major sources of pollutants discharged by plants, as a reference to plant for wastes treatment, and also to solve the quarrel problems of pollution between industrial plants and fish farmers. The results obtained were as follows.

1. The Ah-kong-Tien River was mildly polluted, toxicity of the river water to fish were varied with station and season. It was generally polluted in the lower stream.
2. Both the middle and lower zone of the Hou-Jin River were heavily polluted by industrial wastes, and reached the lethal level to any kind of fresh water fishes tested.
3. Jen-I River was heavily polluted by industrial wastes as well as domestic sewage, the river water with much organic matters and toxic to fish with a seasonal variation.
4. The Lin-Yuan Stream is the only river which not polluted by industrial wastes or domestic sewage, no condition serious to fish and aquatic organisms were observed.
5. Dien-pao River was a zone of recent pollution, the river was usually clear with aquatic plants and plankton present.
6. Chien-Jaen River was seriously polluted by industrial wastes, toxicity

* 臺灣省水產試驗所資源系

Department of Marine Resources, TFRI

- of the river water were more toxic in estuary than in other areas, and the toxic condition exist all the year around, this may be correlated with the heavy metal pollution in the sediments.
7. Toxicity of the domestic sewage to fish was found to be related with the nature of community. Sewage taken from old fashioned community was more toxic to fish than the new one in the morning, while in most time of the afternoon the sewage come from new community was toxic, but that from old one doesn't.
 8. The wastes of China Petroleum Company was the most toxic among the industrial wastes bioassayed with common carp as test animal. The 48 hr TLm of the CPC waste to carp was as low as 2.15%. It was considered the major sources of toxic pollutants in the Hou-Jin River.
 9. Tolerance of fishes to the same polluted water changed with species, according to the bioassay results, in order of strong to weak of the six species were topminnow, tilapia, mirror carp, common carp, silver carp and grass carp.

前 言

污染造成公害，威脅人類生存乃目前舉世共同傾力解決之問題。就水產生物而言，由於廢水排入河海造成污染，破壞原來之生態平衡，導使孳生其中的水產生物資源日漸減少，更由於彼等對有毒物質如重金屬、農藥等之長期吸收累積體內，縱然倖存，人類亦不敢加以捕食或利用。本省近年來屢有上述現象發生，其中最明顯的例子即為西南沿海養殖貝類大量斃死事件，其發生原因經有關單位調查分析結果，主要因為每年春夏之交遭逢中南部雨季，初次大雨造成之洪流，沖刷沉積河床之污染物，匯流入海致使河口附近一帶養殖貝類遽遭毒物之侵襲而大量死亡^(1,2,3,4)。又如基隆港⁽⁵⁾、新店溪^(6,7)、大肚溪⁽⁸⁾、北港溪、朴子溪⁽⁹⁾、急水溪及後勁溪⁽¹⁰⁾、高雄港、仁愛河⁽¹¹⁾等莫不因工廠廢水家庭廢水的排放，而受到嚴重的污染。此外由於廢水污染造成養殖魚貝類死亡所引起之民間訴訟案件亦屢見不鮮。凡此皆說明廢水污染對於水產生物生存威脅之嚴重性，為防微杜漸起見，今後當務之急除應積極進行水產生物生態調查之外，更應加速着手於水產養殖用水水質標準之訂定，二者相互配合以確保水產資源永遠生息不滅。

本調查乃配合行政院衛生署公害小組從事高雄工業區內河川及工廠廢水之水質分析，而進行有關河川水中生物檢定 (Bioassay)，以瞭解河川中生物現況及變化情形，以及河水與工廠廢水對水產生物之毒性，做為判斷河川受污染程度之參考，並做為限制工廠廢水排放及解決公害糾紛的重要依據。

材料與方法

1. 調查取樣地點

本研究是以高雄市為中心之臨近區域，調查範圍包括林園圳、前鎮河、仁愛河、後勁溪、典寶溪及阿公店溪等六條河川共分38個測站，採水站之位置如圖1所示，並在各河川主要工廠排水口採取廢水，包括中油等27個工廠。水樣採取時係與公害小組，台大海洋研究所、衛生試驗所等單位聯合採集，或委託公害小組代為採集。取水樣時以20公升塑膠桶裝滿密封，經冷凍庫儲存後一併託運本所，以進行生物檢定。各水樣採集之日期，時間與水質分析資料，請見水質分析部份。

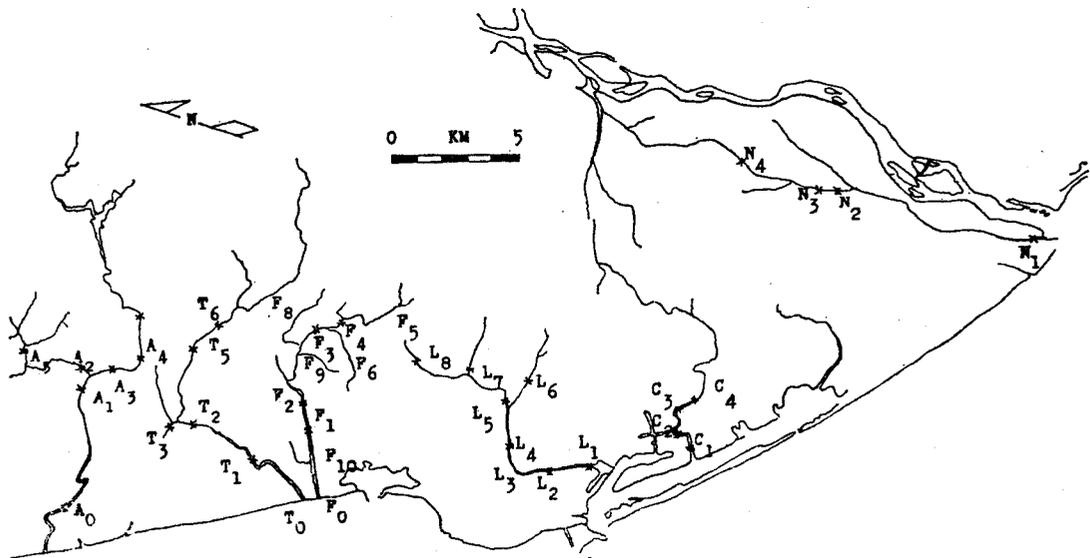


Fig. 1. Map showing sampling stations of the rivers in Kaohsiung area. A, Ah-Kong-Tien River, L, Jen-I River, N, Lin-Yuan Stream, T, Dien-Pao River, F, Hou-Jin River. C, Chien-Jaen River.

2. 河川生物調查

河川生物調查係配合水樣採集，以植物性浮游生物網，在上述地點以大致相同的速度 0.5m/sec，水平拖網一定的時間，生物以 5% 福馬林液固定後，在實驗室中以高倍顯微鏡分析水中之動植物性浮游生物，每水樣每次取 0.1cc 觀察三次求得各種之平均個體數，並估計單位水體中之總個體數。

3. 河水及廢水生物檢定

a. 試驗用魚：本試驗所使用之魚苗包括鯉魚 (*Cyprinus carpio*)、鏡鯉 (*Mirror carp*)、草魚 (*Ctenopharngodon idellus*)、吳郭魚 (*Tilapia mossambica*)、白鰱 (*Hypthalmichthys molitrix*)、及大肚魚 (*Gambusia patruelis*) 等六種。魚苗主要由本所竹北分所提供，部份購自民間繁殖場及基隆水族館，魚苗在實驗室水族箱

中馴養一個星期以上，每日供給人工飼料，試驗開始前一天停止給餌，並選取活動正常之個體作試驗之用。

b 試驗方法：生物檢定用之容器為 7 公升圓形透明塑膠桶，高 27 公分直徑 20 公分。試驗步驟係根據田端健二 (1975) 急性毒性之檢驗法⁽¹²⁾。首先以 100%、10%、1%、0.1% 等濃度的試水進行預備試驗，根據初步結果再做進一步之檢定。通常每試水分成六組，其濃度為 100%、75%、56%、32%、10% 及對照組，試水毒性愈強，其稀釋倍率愈高，每項試驗重複二至三次，每組試驗魚五尾以上，大小儘可能一樣，試驗期間保持打氣狀態，並記錄試水水溫、pH、濁度等資料。每 24 小時檢視魚體死亡個體數，並將死魚取出，試驗至 96 小時結止，期間不更換試水，試驗後活存之魚體不再使用。各種魚類對不同試水的 TLm 值是根據 Doudroff 繪圖法 (松江, 1965) 所得。

結 果

1. 河川之浮游生物：

a. 阿公店溪：表 1 為六條河川所採得之浮游生物出現情形，由表中可知阿公店溪各站出現的浮游生物種類，在 St. A。發現的藻類有 9 種，其中眼藻一種、藍綠藻一種、綠藻六種、矽藻一種，以矽藻類的 *Synedra ulna* 所佔比例最大，其次為綠藻，動物性浮游生物以纖毛類為主，還有少量的橈腳類及輪虫。St. 1 僅出現一種綠藻及一種矽藻，而以矽藻較佔優勢，動物性的橈腳類及纖毛類為數不多。St. A₂ 出現的藻類有 9 種，其中眼藻類有四種數量也最多，藍藻一種、綠藻四種，動物性中有少數魚蝦幼虫、纖毛類及枝角類。St. A₃ 及 A₄ 各僅有一種藍藻與一種綠藻，A₃ 有橈腳類出現及幼蝦存在，A₄ 則未發現有動物性浮游生物。St. 5 發現的藻類較多有 26 種，其中眼藻 7 種、藍藻 6 種、綠藻 11 種，矽藻僅有 2 種，就個體數而言，以眼藻類為最多，藍藻次之，其次是綠藻。動物性有纖毛類及枝角類，以前者為主。

b. 後勁溪：後勁溪的 10 個測站，浮游生物的出現就種類及數量而言，均較阿公店溪為少，而其中以 St. F₂ 出現的較多，有眼藻一種、藍藻一種、綠藻三種及矽藻一種。St. F₄ 有藍藻一種，St. F₅ 有藍綠藻各一種，St. F₈ 有藍藻二種及綠藻一種，St. F₁₀ 有藍藻一種、矽藻二種，動物性浮游生物僅在 St. F₄ 發現有橈腳類及纖毛類。

c. 仁愛河：在 St. L₁ 發現的藻類有藍藻二種、綠藻一種、矽藻一種。St. L₂ 有藍藻二種、綠藻三種，St. L₄ 有藍藻、矽藻各一種，St. L₅ 僅出現藍藻一種，St. L₇ 有藍藻矽藻各一種，不同於 St. L₄ 之種類。St. L₉ 有眼藻一種、藍藻二種、綠藻三種、矽藻一種，種類較其他各站為多。St. L₁₀ 僅有一種矽藻出現，仁愛河各站均未發現有動物性浮游生物存在，藻類的數量也較少。

d. 林園圳：St. N₁ 出現的藻類有 21 種，其中三種屬於眼藻、藍藻有三種、綠藻四種及矽藻 11 種，就數量種類均以矽藻較佔優勢。St. N₂ 發現的藻類有眼藻一種、藍藻二種、綠藻六種及矽藻九種。St. N₃ 有一種眼藻、三種藍藻、二種綠藻及四種矽藻出現。St. N₂ 以綠藻較多矽藻次之，St. N₃ 則以藍藻數量最多。一般而言，林園圳各站以矽藻出現

率較高，動物性浮游生物則未捕獲。

e. 典寶溪：在 St. T₁及T₂僅發現動動性橈脚類，St. T₃有一種藍藻、一種矽藻。St. T₄有藍藻一種、矽藻二種，St. T₅出現二種矽藻，St. T₆有一種綠藻及一種矽藻存在。典寶溪所採到的藻類一共僅有六種，比其他各河川發現之種類為少。

2. 河川水質生物檢定：

表 2 為 1976 年 10 月份採集河川水樣經初步預備試驗結果，表中顯示阿公店溪的三爺橋 (A₅)，後勁溪的中埔橋 (F₈)，及左營排水站 (F₁₀) 三測站未稀釋之河水，對魚類具有高度毒性，其餘各站水質對魚類不具毒性，或毒性甚微。以上三站經稀釋成各種濃度，分別以鯉魚、吳郭魚及大肚魚進行生物檢定，其結果如表 3。依據 Doudroff 法求得三種水樣對三種試魚之 24 至 96 小時 TLm 值 (如表 4)。由表 5 得知三種不同魚類對三種水樣之 TLm 並無一定關係。就 A₅ 水樣而言，鯉魚之 TLm 最高，其次為吳郭魚、大肚魚最低。就 F₈ 水樣而言，大肚魚之 TLm 最高，鯉魚次之，吳郭魚最低。而三種魚類對 F₁₀ 水樣之 TLm 則大約相近。可能是因水樣中所含毒性物質不同，魚類對其容忍度也不一致，三者以 F₈ 水樣毒性最高，其 96hr TLm 分別為 19.5%，13% 及 36%。

為瞭解新舊社區家庭廢水之毒性程度，於 11 月 10 日分別就新社區 (有化糞池設備) 及舊社區 (無化糞池設備) 同時做全天候之採樣，自上 17 午六時開始，其後又陸續於 8、10、12、17、19 及 21 時取樣。生物檢定結果顯示鯉魚對二社區全日不同時間之樣水的容忍度各不相同 (如表 5)。表 6 為二社區在不同時間水樣對鯉魚之 TLm 值。表中顯示上午六時舊社區 (S 為新盛街) 之家庭廢水對鯉魚致死濃度為 80%，新社區 (H 表華東街) 之家庭廢水對鯉魚則無影響。由上午 8 時至 12 時二社區之廢水均具毒性，其程度互有高低，S₃>H₃，H₅>S₅，S₇>H₇，可見上午舊社區之家庭廢水毒性較新社區為高，但下午舊社區所採之水樣均不具毒性。從不同時間水樣的 TLm 比較，顯示大部份時間新社區之家庭廢水對魚類之毒性較舊社區為高。毒性最強的時間舊社區為上午 8 時，新社區為上午 10 時，後者時間較遲。

表 7 為 12 月所採集河水生物檢定初步結果。阿公店溪 A₀ 及 A₁ 對鯉魚略有影響，但未達半數致死濃度。仁愛河除 L₆ 外，各站河水多能使鯉魚致死，可見仁愛河一般均具毒性，尤其是 L₁、L₂、L₇、L₉ 在 48 小時內已達半數致死濃度。前鎮河 C₁ 站顯然毒性甚強，後勁溪的 F₂、F₃、F₈ 及 F₁₀ 水質雖未達半數致死濃度，對鯉魚已造成危害，林園圳的河水對魚類無不良影響，而典寶溪除 T₁ 較嚴重外，其餘各站尚能適合鯉魚的生存。表 8 是阿公店溪 A₀ 站河水以六種魚類做生物檢定的結果，說明了魚類對同一河水之適應能力因種類而異，對污水之容忍能力，草魚最弱、白鰱次之，再次為鯉魚，大肚魚及鏡鯉容忍力較強。表 9 為前鎮河 C₁ 站河水以鯉魚及鏡鯉檢定結果，其 TLm 分別為 40~43% 及 43%。

1977 年 3 月所採集各河川之水樣初步檢定結果如表 10 所示，仁愛河 L₁、L₂、L₉ 及 L₁₀，阿公店溪 A₀，後勁溪 F₂、F₃、F₈ 及 F₁₀，前鎮河 C₁ 等之河水毒性較強，可使魚類在 24 小時內完全死亡，仁愛河 L₆ 及 L₇，阿公店溪 A₅ 亦有輕微毒性存在，其餘各站水質對

魚類影響較小或無危害，上述各站河水以鯉魚及鏡鯉檢定結果如表11，其半數致死濃度示如表12，可知後勁溪、仁愛河及前鎮河河水毒性較一般為高，其所受污染程度較為嚴重，以 F_8 、 L_{10} 及 C_1 為最。

3. 工廠廢水生物檢定

根據第一次取樣的18家工廠廢水以鯉魚做三重覆試驗的結果、中油、振馨、長春、楠梓、統一等五家廢水對魚類較具毒性外，其餘各家廢水毒性較小。此五家廢水生物檢定結果如表13，其對鯉魚之 TL_m 如表14。中油廢水 48hr TL_m 為 2.15%，96hr TL_m 為 1.44%，表示中油廢水稀釋至原液的1.44%仍足使鯉魚在96小時內死亡一半，其毒性甚劇。統一廢水 48hr TL_m 為70%，長春 48hr TL_m 為85%，振馨為86%，楠梓皮革為 100%。其對魚類之毒性與中油廢水相去甚遠。其他13家工廠廢水不具毒性，可能與採樣時間有關。

第二次採集的12家工廠廢水，其中大能、仁武、台塑、東源、楠梓以鏡鯉檢定結果如表15，以仁武及楠梓具強烈毒性，其廢水可使鏡鯉在10分鐘內完全死亡，其半數致死濃度分別為12.5%及39%，台塑為79%，大能為91%（表16），至於東源則對鏡魚無致死影響。表17為興南等10家工廠廢水生物檢定結果，除台聚、台塑、南亞、大能四家廢水毒性略低外，其餘均顯示對鯉魚之強烈極性毒性，由表18各家廢水對鯉魚之 TL_m 來比較，毒性高低順序為中油、雙鹿、楠梓、長春、興南、遠東、豐士、台塑、台聚、大能。

討 論

河川污染乃是由於未經處理的工業廢水或家庭廢水，含有有害物質如有機物、有毒物質、酸及鹼等之排入，而導致失去河川正常用途的現象。一般對河川污染的判斷，主要多是根據河水理化因子的標準，其實生物指標亦可做為決定水質污染程度的依據，生物在河川的種類和數量，受河水中營養鹽類的影響，營養少，食物供給受到限制，生物種類較多而數量少，因此清淨的河川，生物的種類多而數量少，受污染的河川，生物數量多而種類少，基此原理，可用存在的生物鑑別河川受污染的情形⁽¹⁴⁾。生物因子的測定代表過去長時間該水質對於在水內生物作用之結果，在水質判斷方面具有較長的時效⁽⁷⁾。至於判定工廠廢水及河川污水，是否具有極性毒性，抑或含有影響水產生物之生存或造成大量死亡的有害物質，生物檢定是最簡便的一種方法， TL_m 值是表示工廠廢水及河川污水毒性程度的一種指標，可檢驗工廠廢水處理的效果，也是制定水產用水標準的依據。惟有對水內理化因子與生物因子並重，予以同時分析，並配合生物檢定的結果，始能顯示出河川污染的全貌，以及受污染的程度⁽¹⁵⁾。

一般常用的污染指標生物為細菌、原生虫、藻類和軟體動物。Reish & winter (1954)⁽¹⁷⁾，Reish (1956)⁽¹⁸⁾ 在調查河口及河川生態時以底棲性無脊椎動物為污染指標生物。Liebmann (1951)將水質污染程度分為五級， α 強腐水性(α -Polysaprobic)、 β 強腐水快(β -Polysaprobic)、 α 中腐水性(α -mesosaprobic)、 β 中腐水性 (β -mesosaprobic)及弱腐水性(oligosaprobic)，各級污水有其生物指標種，以動植物性浮游生物為

主，其他還有附着生物、底棲生物、昆蟲類、軟體動物，範圍至廣，這些指標生物種列於松江⁽¹³⁾ (1965) 的水質污濁調查指針及津田⁽¹⁴⁾ (1970) 的污水生物學中供研究者參考，另外Palmer (1969)從 165 位作者的研究報告，找出各種抗污染的藻類，將這些藻類依其出現於報告中的頻率，列出60屬80種最能抗污染的藻類，並給予其中抗污染性最強的10屬20種污染指標，提供作為判斷水質的依據，由污染指標彙和，顯示水域是否受到有機質污染⁽¹⁰⁾。

根據Palmer 指標種屬的分級號碼，數目愈小，表示抗污染能力愈強，即較常存在於受到污染的水中。阿公店溪出現的藻類計有36種，其中 7 種屬於指標生物種，而大部份都出現在A₅三爺橋站，有 10 種屬於Liebmann之腐水性生物，多出現在A₅、A₀及A₁站，依據其等級區分A₅為α級、A₀A₁為β級中等腐水性水質，即阿公店溪已受到中等程度的有機污染，以A₅較嚴重。通常在一定量的水中，所含矽藻數目少而種類多，水質較為清淨⁽¹⁶⁾。阿公店溪出現的矽藻僅以一種*Synedra ulna*為主，顯然其水質並非十分清淨。再從生物檢定結果來看，12月A₀之48hr TL_m為86%，10月A₀、A₁及3月A₀、A₁、A₅對鯉魚具輕微毒性，均顯示阿公店溪部份測站在某些月份受到污染，而A₀出海口似乎經常受到輕微污染，由水質分析資料A₀之氣鹽高達 5318ppm，顯然受到海水的影響，由生物因子看來，阿公店溪所受污染並不嚴重。

後勁溪發現11種藻類中，僅有一種屬於palmer所列之污水生物，4種屬於Liebmann β級中腐水性生物，依生物指標種類後勁溪僅受到輕微有機污染，然生物檢定說明10月份水質F₈及F₁₀對魚類造成毒害，以F₈之毒性較高，其對鯉魚、吳郭魚、大肚魚之48hrTL_m分為45%、44%及59%。12月份F₂、F₈、F₁₀對魚類略具毒性，其96小時活存率在75%以上。3月份份則F₂、F₃、F₈及F₁₀毒性較強，F₁、F₂及F₅毒性較低，其中F₈水質具強烈毒性，由以上結果顯示後勁溪不論中游或下游都已受到相當嚴重的污染，且經年累月處於污染的狀況之下，因河水中有毒物質的存在，而影響抗污染性藻類的出現。後勁溪河水生物檢定的結果與水質分析的結論可謂不謀而合。

仁愛河在10月採集的藻類僅有14種，其中 5 種為污染生物指標種，依據 Liebmann 之分級，仁愛河為中等程度污染。而根據12月份河水生物檢定，除L₆外其餘各測站多少具有毒性，以L₁、L₂及L₄河水對魚類毒性較高。3月份的水樣以L₁、L₂、L₉及L₁₀毒性甚強，L₄、L₅、L₆及L₇毒性較弱。一般而言，仁愛河與後勁溪一樣，幾乎各測站都已受到污染，其對魚類之毒性程度因月別而有不同，可能是受污水排水量不一的影響，除工業廢水外、家庭廢水，都市排水亦為仁愛河污染物的重要來源。由新舊社區不同時間家庭廢水毒性的差異，顯示兩種不同社區居民生活習慣的不一，舊社區居民多屬低收入市民，早晨六時左右便開始一天的活動，排水量較多。新社區居民則為中等階級以上市民，每天的工作開始的較晚，故其廢水毒性以上午10時最高，前者在八時左右毒性較強。

林園圳出現的藻類共35種，其中 5 種屬於β中腐水性生物及弱腐水性藻類。出現的種類以矽藻類為最多有18種，林園圳藻類的種數與阿公店溪相近，但後者以眼藻綠藻藍藻為主，且集中於A₅，前者以矽藻佔優勢，且各站平均出現，依據矽藻種類繁多的特性，林園圳為弱腐水區，受污染情形很少或未受污染，為河水清淨的水域。從3次採集的

河水檢定結果，均未發現有危害魚類有毒物質存在，水質比其他河川為佳。

典寶溪發現的藻類不多，種類仍以矽藻為主，沒有任何指標生物種存在，而部份測站有橈腳類及枝角類等動物性出現，顯示典寶溪尚未受污染。生物檢定結果，僅12月份T₁站河水略有毒性，其餘各站在不同月份未顯示對魚類有致死作用，顯然其河水僅受極輕度的有機污染。

前鎮河依據生物檢定結果，發現10月份水質尚良好，即對魚類不具毒性，但12月及3月却顯示C₁站河水具強烈毒性。而兩月份河水對鯉魚之48hrTL_m大致相同，河水毒性程度一樣，無月別的變化，說明了鎮河C₁站已受到嚴重有毒物質的污染，且很少受季節的影響，而其他各站河水對魚類之毒性較低，與其臨近工廠廢水的性質有關。微生物的檢查則認為前鎮河C₁及C₃均受大腸菌污染⁽²²⁾。資料顯示前鎮河受重金屬污染相當嚴重，較其他河川為甚，Z_n高達1100ppm、pb達62ppm、C_d達92ppm，前鎮河河水毒性可能與重金屬有關。綜合以上生物檢定結果，高雄地區六條河川受污染嚴重程度依次為後勁溪、仁愛河、前鎮河、阿公店溪、典寶溪、及林園圳。每一河川各測站河水對魚類之毒性，依TL_m之大小分為五級，如圖2所示。

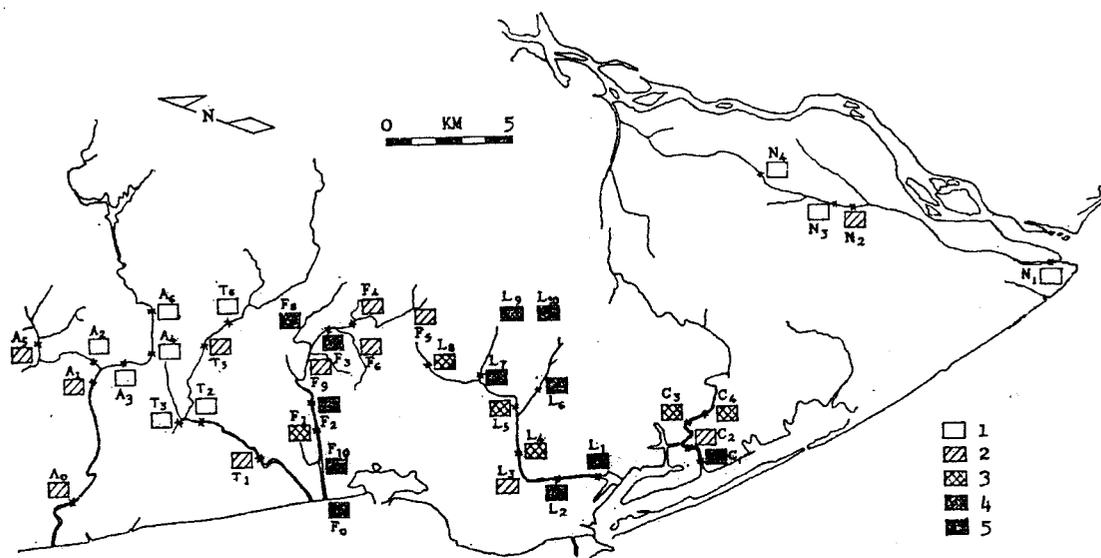


Fig. 2. Relative pollution of the stations in each river. 1. not pollution, 2. recent pollution, 3. midly polluted, 4. heavily polluted and 5. seriously polluted.

工業廢水之有毒物質可分為金屬、氰化物及有機性毒劑，此種毒質對生物影響程度因水溫、pH值、鹼度、硬度及其他金屬鹽類含量，其毒性變化甚大，因此廢水之化學檢驗結果，常不能獲知每種有毒物質之毒性程度，廢水與河水各種成分互相，發生甚大變化，而生物種類不同對同一廢水之毒性反應不一，因此檢定工業廢水應採生物試驗法^(19,20,21)。由上述得知後勁溪、前鎮河、仁愛河嚴重污染，其毒性主要來自工廠廢水，為

追踪河川毒物的主要來源，乃對各種工廠廢分別予以生物檢定及水質分析。依據27家工廠廢水檢定的結果，有14家廢水對魚類其有毒性，由 TL_m 值來看則以中油為首、包括雙鹿、振馨、長春、楠梓及興南等幾家工廠廢水屬於急性毒性、其48hr TL_m 在20%以下。遠東、仁武、豐士等廢水為強毒性，其hr TL_m 在40~50%之間，統一、台塑、振馨、台聚、大能為弱毒性，如圖3所示。部份工廠如振馨二次採集，其毒性有很大差異，說明工廠廢水毒性與採樣時間有關，大多數工廠廢水經檢定對魚類無急性毒性，其水質若超過一般標準或含有色素等，仍足以破壞河川之生態平衡，東源廢水對魚類雖不具毒性，但其色素已顯然污染了河川。就工廠廢水排水量而言，中油佔了百分之六十以上，由於其毒性甚強，是後勁溪主要污染源，乃導致河川魚類死亡的重要禍首。

工業廢水放流的標準，應考慮河川供灌溉、漁牧、飲水、娛樂等用途而定，為保護本國水產及近海漁業資源，必須維持魚類及其他水產生物的正常繁殖與生長，工業廢水之放流應以水產水標準首要，而制定一套適合本國環境的水產用水標準實為當務之急，此一標準則有賴標準化的生物檢定方法為基礎，依此標準去改善工廠廢水，水中生物乃能生生不息，河川生態始可恢復舊觀。

摘 要

本研究係配合衛生署公害小組河川水質分析及重金屬測定，以生物調查及生物檢定方法，判定高雄地區河區河川受污染之程度、及工廠廢水對魚類之毒性，追踪河川污染的主要來源，做為工廠廢水處理之參考，及解決河川污染糾紛之依據。調查及檢定結果如下：

1. 阿公店溪僅受到中等程度的污染，河水對魚類的毒性，因地點及月別而異，以下游污染度較高。
2. 後勁溪不論中游或下游均受高度污染，且已達到魚類致死的程度，其對鯉魚之48hr TL_m 在43~84%之間。
3. 仁愛河受工廠廢水及家庭廢水污染情況嚴重，對魚類的毒性因月別而改變，通常以河口處毒性較強。

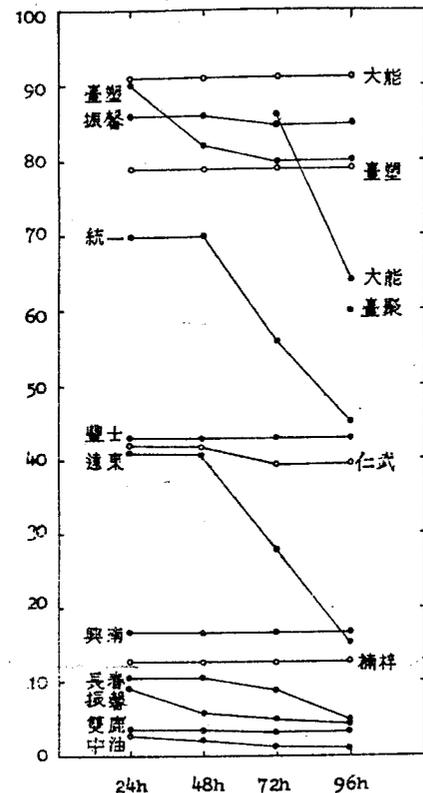


Fig. 3. The 24 to 96 hr TL_m of the industrial wastes to common carp (●) and mirror carp (○).

4. 林園圳是高雄地區唯一未受工業廢水污染的水域，水質清澈，水中亦未發現有毒質存在。

5. 典寶溪一般情況尚稱良好，僅T₁站河水略具毒性，其餘各站均未顯示有受到污染的現象。

6. 前鎮河受污染相當嚴重，下游河水毒性甚高不受月別影響，河水中的強烈毒性可能與重金屬污染有關。

7. 家庭廢水的毒性與社區性質有關，早晨以舊社區家庭廢水對魚類毒性較高，中午以後大部份時間新社區之排水毒性較強。

8. 試驗魚類對同一污水之容忍力因種類而異，依強弱順序為大肚魚、吳郭魚、鏡鯉、鯉魚、白鏈、草魚。以鏡鯉及鯉魚作污水生物檢定較為理想。

9. 經過檢定的工廠廢水中，以中油廢水最具急性毒性，對鯉魚48hr TLm 為2.15%，是後勁溪主要污染源之一，其次為雙鹿、振馨、長春、楠梓、與南等工廠廢水，其48hr TLm 均在20%以下。

致 謝

本試驗承衛生署公害小組全體同仁的協助取樣與託運，特表謝意，特別要感謝本所竹北分所劉分所長，長期提供試驗魚苗，本系同仁張亞宗、林啓南、簡南光、謝秀麗、郭祖秀、陳貴香諸位協助污水採集、生物檢定及浮游生物分析，一併在此致謝。

參 考 文 獻

1. 曾文陽 (1976) : 台灣西南沿海貝類大量死亡原因之研究，水試報告 No.26， 1—36。
2. 洪楚璋等 (1975) : 台灣西南沿海貝類死亡原因之研究。台大海研所專刊第 6 號。
3. 鄭森雄 (1975) : 台灣西南部河川水質污架與養殖貝類大量死亡。台灣水產4(1) : 51—72。
4. 鄭森雄等 (1975) : 朴子溪河水之急性毒性與養殖貝類大量死亡。台灣水產4 (1)， 72—84。
5. 洪楚璋等 (1963) : 基隆港灣海水污架之研究，台大海研所專刊第 3 號。
6. 郝道猛 (1975) : 台北市水廠附近溪水污架之生態研究，第一報溪水的理化因子之分析。生物科學，2(8)， 53—63。
7. 郝道猛 (1975) : 台北市水廠附近溪水污染之生態研究。第二報溪水內生物因子之分析，師大生物學報， 11， 39—49。
8. 鄭森雄等 (1977) : 台灣中部地區河川及沿海之水質—彰化地區貝類死亡原因之研究。中國水產No.292， 8—11。
9. 曾文陽、陳世欽 (1976) : 工廠廢水及朴子溪北港溪河水對魚類之急性毒性。水試報

告No.26, 77—91。

10. Palmer, C.M. (1969) : A Composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5, 78—82。
11. 洪楚璋等 (1974) : 高雄港灣水域之環境與生態調查。台大海研所專刊第5號。
12. 田端健二 (1975) : 簡易水質試驗法第4章魚類急性毒性試驗。共立出版株式會社。
13. 松江吉行 (1965) : 水質污濁調查指針，恆星社厚生閣刊。
14. 高肇藩 (1973) : 水污染防治。中國水利工程學會。
15. Reid, G.K. (1961) : Ecology of inland waters and estuaries. Chapter 14. Reinhold publishing Co. New York.
16. 津田松苗 (1964) : 污水生物學，隆北館。
17. Reish, D. J. and H. A. Winter (1954) : The Ecology of Alamitos Bay, California, with special Reference to Pollution. *Cal. Fish and Game* 40 (2), 105—121。
18. Reish, D. J. (1956) : An Ecological study of Lower San Gabriel River, California, with special Reference to Pollution. *Cal. Fish and Game* 42 (1), 51—61。
19. 高肇藩：利用Bioassay研究工廠廢水之毒性，成大土木第三期，78—81。
20. 高肇藩、李俊德：金屬工業廢水對台灣淡水魚類之毒性研究。
21. 高肇藩、李俊德：以生物試驗法判定工業廢水對魚類之影響，工程第40卷第10期。
22. 台灣地區公害防治先驅計劃期中報告 (1977)。

around Kaoshiung and the pollution index.

L ₁	L ₂	L ₄	L ₅	L ₇	L ₉	L ₁₀	N ₁	N ₂	N ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	Plmer's	Liebmann's
					+		+			+	+		+				β_m
							+									1	β_m -os α_p - α_m
							+	+								20	α_p - α_m
									+								
+		+	+		+			+									
	+						+	+									β_m
+	+			+	+		+		+			+				2	5
							+		+								
							+	+	+								
															+		α_p - β_m α_m - β_m
																	β_m

Table 1. Continue

Species	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	F ₂	F ₄	F ₅	F ₈	F ₁₀
<i>Oocystis laoustris</i>											
<i>Pediastrum biwae</i>						+					
<i>Pediastrum boryanum</i>											
<i>Penium minutum</i>	+			+							
<i>Quadrigula recustrus</i>	+										
<i>Quadrigula chodatii</i>											
<i>Scenedesmus armatus</i>						+					
<i>Scenedesmus bijuga</i>											
<i>Scenedesmus opoliensis</i>						+					
<i>Scenedesmus quadricauda</i>						+					
<i>Selenastrum westii</i>	+		+								
<i>Schroederia setigera</i>						+					
<i>Sphaeroszma aubertianum</i>			+								
<i>Spirogyra</i> sp.											
<i>Stigeolonium lubricum</i>											
<i>Tetrastrum heterocanthum</i>						+					
<i>Tetraedron muticum</i>			+			+					
<i>Zygnema quadrangulatum</i>						+					
Bacillariophyta											
<i>Achnanthes brivipes</i>											
<i>Coscinodiscus lacustris</i>											
<i>Diatoma elongatum</i>											
<i>Diatoma vulgare</i>											
<i>Eunotia arcus</i>											
<i>Fragilaria</i>											
<i>Fragilaria construens</i>											
<i>Frustulia rhomboides</i>							+				+
<i>Meridion circulare</i>											
<i>Melosira italica</i>											
<i>Navicula dicephala</i>											
<i>Navicula anglica</i>											
<i>Nitzschia palea</i>											
<i>Nitzschia filiformis</i>											
<i>Nitzschia scalaria</i>											
<i>Pinnularia viridis</i>											
<i>Pinnularia braunii</i>											
<i>Pleurosigma angulatum</i>											
<i>Rizosolenia amphibia</i>											
<i>Rhodosphenia ourvata</i>						+					+
<i>Synedra ulna</i>	+	+				+					
<i>Tabellaria fenestrata</i>						+					

L ₁	L ₂	L ₄	L ₅	L ₇	L ₉	L ₁₀	N ₁	N ₂	N ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	palmer's	Liebmann's
	001	001	001	001				+		001	001	001	001				
	001	001	001	001				+		001	001	001	001				
	+		001	001	+		+	+		001	001	001	001				
	+							+									
	001	001	001	001	+		+	+			001	001	001			4	4
	001			001	+												
+	+			001	+				+								β_m
	001			001												80	β_m -os β_m
	001			001													
	001			001			+	+									
	001			001			+	+	+								os
	001			001			+	+	+					+	+	13	
	001	+		001	+		+	+				+	+			7	β_p - α_m
	001			001				+	+				+	+			
+	001			001		+	+	+								48	β_m os

Table 2. Bioassay results of river waters in October with common carp.

Station	Survival				Station	Survival			
	24h	48h	72h	96h		24h	48h	72h	96h
A ₀	100	100	100	100	C ₁	100	100	100	100
A ₁	100	100	100	100	C ₂	100	100	100	100
A ₂	100	100	100	100	C ₃	100	100	100	100
A ₃	100	100	100	100	C ₄	100	100	100	100
A ₄	100	100	100	100	N ₁	100	100	100	100
A ₅	50	0	0	0	N ₂	100	100	90	90
F ₁	100	100	100	100	N ₃	100	100	100	100
F ₂	100	100	100	100	N ₄	100	100	100	100
F ₃	100	100	100	100	T ₁	100	100	100	100
F ₄	100	100	100	100	T ₂	100	100	100	100
F ₅	100	100	100	100	T ₃	100	100	100	100
F ₆	100	100	100	100	T ₄	100	100	100	100
F ₈	0	0	0	0	T ₅	100	100	100	100
F ₉	100	100	100	100					
F ₁₀	0	0	0	0					

Table 3. Bioassay results of river waters at stations A₅, F₈ and F₁₀ in October.

Station	Conc. %	Common carp				Talipia				Top-minnow			
		24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h
A ₅	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	66	0
	56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	66	66
	32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F ₈	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	16	0	0	0	0	0	0	0	66	66	0	0
	56	83	16	0	0	100	33	0	0	66	66	0	0
	32	100	100	83	16	100	100	33	0	100	100	100	166
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F ₁₀	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	100	100	84	66	100	100	83	66	100	100	66	66
	56	100	100	100	100	100	100	100	83	100	100	100	66
	32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 4. TLm of river water at stations A₅, F₈ and F₁₀ in October to common carp, tilapia and top-minnow.

Station	Common carp				Tilapia				Top-minnow			
	24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h
A ₅	100	86	86	86	86	86	66	66	77	77	62	62
F ₈	66	45	39.5	19.5	63	44	24	13	79	59	40	36
F ₁₀	88	88	85	82	88	88	86	83	88	88	85	83

Table 5. Bioassay results of domestic sewage with common carp.

Station	Conc. %	Station				Station				
		24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h	
S ₁	100	0	0	0	0	H ₅	0	0	0	0
	75	66.6	66.6	66.6	66.6		0	0	0	0
	56	100	100	100	100		100	100	100	100
	32	100	100	100	100		100	100	100	100
	10	100	100	100	100		100	100	100	100
S ₃	100	0	0	0	0	H ₇	0	0	0	0
	75	0	0	0	0		50	17	17	0
	56	0	0	0	0		100	100	100	100
	32	16.6	16.6	16.6	0		100	100	100	100
	10	100	100	100	100		100	100	100	100
S ₅	100	33.3	33.3	16.6	0	H ₁₂	0	0	0	0
	75	83.3	83.3	83.3	83.3		83.3	83.3	83.3	83.3
	56	83.3	83.3	83.3	83.3		100	100	100	100
	32	100	100	100	100		100	100	100	100
	10	100	100	100	100		100	100	100	100
S ₇	100	50	50	50	50	H ₁₄	50	0	0	0
	75	66.6	66.6	66.6	66.6		83.3	0	0	0
	56	100	100	100	100		83.3	83.3	83.3	66.6
	32	100	100	100	100		100	100	83.3	66.6
	10	100	100	100	100		100	100	100	100
H ₈	100	0	0	0	0	H ₁₆	33.3	0	0	0
	75	50	0	0	0		100	16.7	0	0
	56	66.6	66.6	33.3	0		100	50	50	50
	32	100	100	100	100		100	100	100	100
	10	100	100	100	100		100	100	100	100

S: old community, H: New community

Table 6. TLm of domestic sewage from two communities in a day to common carp.

Time	Station	TLm			
		24 h	48 h	72 h	96 h
0600	S ₁	80	80	80	80
0600	H ₁	—	—	—	—
0800	S ₃	21.4	21.4	21.4	21.4
0800	H ₃	75	60	49	44
1000	S ₅	92	92	88	84
1000	H ₅	42	42	42	42
1200	S ₇	50	50	50	50
1200	H ₇	76	67	67	65
1700	S ₁₂	—	—	—	—
1700	H ₁₂	85	85	85	85
1900	S ₁₄	—	—	—	—
1900	H ₁₄	100	64	64	60
2100	S ₁₆	—	—	—	—
2100	H ₁₆	92	56	56	56

Table 7. Bioassay results of river water in December to common carp.

Station	Survial				Station	Survival			
	24 h	48 h	72 h	96 h		24 h	48 h	72 h	96 h
A ₀	100	95	83.3	83.3	F ₁	100	100	100	100
A ₁	100	83.3	66.3	61.7	F ₂	100	83.3	83.3	75
A ₂	100	100	100	100	F ₃	100	100	100	91.7
A ₃	100	100	100	100	F ₆	100	100	100	100
A ₄	100	100	100	100	F ₈	91.7	91.7	91.7	91.7
A ₅	100	100	100	100	F ₁₀	83.3	83.3	75	75
L ₁	55	11.7	0	0	N ₁	100	100	100	91.7
L ₂	38.3	5	0	0	N ₂	100	100	100	100
L ₄	78.3	38.3	16.7	16.7	N ₃	100	100	100	91.7
L ₅	88.3	88.3	88.3	88.3	N ₄	100	100	100	100
L ₆	100	100	100	100	T ₁	0	0	0	0
L ₇	83.3	45	45	45	T ₂	100	100	100	100
L ₈	95	95	88.3	88.3	T ₃	91.7	91.7	91.7	91.7
L ₉	100	45	45	45	T ₄	100	100	100	100
C ₁	0	0	0	0	T ₅	100	100	100	100
C ₂	100	100	100	100	T ₆	100	100	100	100
C ₃	100	100	100	100					

Table 8. Survival of the six species of fishes in river water of station A₀ of December.

Species	24 h	48 h	66 h	72 h
<i>Cyprinus carpio</i>	100	95	83.3	83.3
<i>Mirror carp</i>	100	100	100	100
<i>Gambusia patruelis</i>	100	100	100	100
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	100	100	100	66.7
<i>Tilapia mossambica</i>	100	100	95	95
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	100	100	83.3	66.7

Table 9. Bioassay results of river water station C₁ in December.

Station	Conc. %	Common carp				Mirror carp			
		24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h
C ₁	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	0	0	0	0	0	0	0	0
	56	0	0	0	0	0	0	0	0
	32	100	100	83.3	100	100	100	100	100
	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	0	100	100	100	100	100	100	100	100
TL _m		43	43	40	40	43	43	43	43

Table 10. Bioassay results of river water in March with common carp.

Station	Survival				Station	Survival			
	24 h	48 h	72 h	96 h		24 h	48 h	72 h	96 h
T ₁	100	100	100	100	A ₃	100	100	100	100
T ₂	100	100	100	100	A ₄	100	100	100	100
T ₃	100	100	100	91.7	A ₅	100	100	80	40
T ₄	83.3	83.3	83.3	83.3	F ₁	100	100	100	100
T ₅	100	100	100	80	F ₂	0	0	0	0
T ₆	100	100	100	100	F ₃	0	0	0	0
L ₁	0	0	0	0	F ₄	100	100	100	100
L ₂	0	0	0	0	F ₅	100	100	100	100
L ₃	100	100	100	100	F ₈	0	0	0	0
L ₄	100	180	180	180	F ₉	100	100	100	100
L ₅	100	80	80	80	F ₁₀	0	0	0	0
L ₆	100	40	20	20	C ₁	0	0	0	0
L ₇	100	100	60	40	C ₂	100	100	100	100
L ₈	100	100	100	100	C ₃	100	100	100	100
L ₉	60	0	0	0	C ₄	100	100	100	80
L ₁₀	0	0	0	0	N ₁	100	100	100	100
A ₀	0	0	0	0	N ₂	100	100	100	100
A ₁	80	80	80	80	N ₃	100	100	100	100
A ₂	100	100	100	80	N ₄	100	100	100	100

表11 (續)

Station	Conc. %	Common carp				Mirror carp			
		72 h	96 h	24 h	48 h	24 h	48 h	72 h	96 h
F ₃	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	100	100	100	80	100	100	180	180
	56	100	100	100	80	100	100	100	100
	32	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	100	100	100	100	100	100
F ₈	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	0	0	0	0	0	0	0	0
	56	0	0	0	0	0	0	0	0
	32	100	100	100	100	100	100	80	60
	10	100	100	100	100	100	100	100	100
F ₀	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	100	100	80	40	0	0	0	0
	56	100	100	100	80	80	80	80	80
	32	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 12. TLm of river water in March to common carp and mirror carp.

Station	Common carp				Mirror carp			
	24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h
F ₂	84	84	84	84	82	82	70	65
F ₃	84	84	84	92	84	84	82	82
F ₈	43	43	43	43	43	43	40	35
F ₁	84	84	82	70	62	62	62	62
L ₁	82	79	65	65	82	82	82	70
L ₂	84	84	70	70	84	84	82	70
L ₁₀	43	43	43	43	66	66	66	66
A ₀	84	65	65	65	84	79	70	65
C ₁	43	43	43	43	41	41	40	35

Table 13. Bioassay results of industrial wastes in March with common carp.

Industrial plant	Conc. %	24 h	48 h	72 h	96 h
中 油	5	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	2	80	60	40	40
	1	100	100	80	60
振 馨	75	0	0	0	0
	56	100	100	83.3	83.3
	32	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
	100	100	100	100	100
長 春	100	0	0	0	0
	75	83.3	83.3	83.3	83.3
	56	100	100	100	100
	32	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
楠 梓 皮 革	100	50	50	50	50
	75	50	50	33.3	33.3
	56	100	100	100	100
	32	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
統 一	100	0	0	0	0
	50	100	100	60	0
	40	100	100	100	100
	30	100	100	100	100
	20	100	100	100	100

Table 14. TLm of industrial wastes to common carp.

Industrial plant	24 h	48 h	72 h	96 h
中 油	2.35	2.15	1.69	1.44
振 馨	86	86	85	85
長 春	85	85	85	85
楠 梓	100	100	100	100
統 一	70	70	56	45

Table 15. Bioassay results of industrial wastes in April with mirror carp.

Industrial plant	Conc. %	Survival			
		24 h	48 h	72 h	96 h
大 能	100	40	40	40	40
	75	100	100	80	80
	56	100	100	100	100
	32	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
仁 武	100	0	0	0	0
	75	0	0	0	0
	56	0	0	0	0
	32	100	100	80	80
	10	100	100	100	100
台 塑	100	0	0	0	0
	75	60	60	60	60
	56	60	60	60	60
	32	80	80	80	80
	10	100	100	100	100
東 源	100	100	100	100	100
	75	100	100	100	100
	56	100	100	100	100
	32	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
楠 梓	100	0	0	0	0
	75	0	0	0	0
	56	0	0	0	0
	32	0	0	0	0
	10	60	60	60	60

Test fish: mirror carp, 4.59—5.20 cm

Water temp: 27—28°C

Table 16. TLm of industrial wastes to mirror carp.

Industrial plant	24 h	48 h	72 h	96 h
大 能	91	91	91	91
仁 武	42	42	39	39
台 塑	79	79	79	79
東 源	—	—	—	—
楠 梓	12.5	12.5	12.5	12.5

Table 17. Bioassay results of industrial wastes in April with common carp.

Industrial plant	Conc. %	24 h	48 h	72 h	96 h	Industrial plant	Conc. %	24 h	48 h	72 h	96 h
	75	0	0	0	0		100	100	100	100	100
	56	0	0	0	0		75	100	100	90	90
興南	32	20	20	20	20	南亞	56	90	90	90	80
	28	40	20	20	20		32	90	80	80	80
	10	80	80	60	40		10	100	100	100	100
	50	0	0	0	0		100	0	0	0	0
	37	0	0	0	0		75	0	0	0	0
長春	28	0	0	0	0	遠東	56	0	0	0	0
	16	20	20	20	0		32	70	70	45	30
	5	100	100	80	20		10	80	80	80	60
	37	0	0	0	0		100	20	20	20	20
	28	0	0	0	0		75	100	80	60	60
雙鹿	16	0	0	0	0	台塑	56	100	100	100	80
	5	20	20	0	0		32	100	100	100	100
	2	100	100	100	100		10	100	100	100	100
	100	100	80	80	20		50	0	0	0	0
	75	100	100	80	20		37	0	0	0	0
台聚	56	100	100	100	60	楠梓	28	0	0	0	0
	32	100	100	80	60		16	0	0	0	0
	10	100	100	100	80		5	80	60	40	20
	100	0	0	0	0		100	100	60	40	40
	75	0	0	0	0		75	100	80	60	40
豐士	56	0	0	0	0	大能	56	100	80	80	60
	32	100	100	100	100		32	100	80	80	60
	10	100	100	100	100		10	100	100	100	80

Test fish: Common carp, 2.0-3.0 cm
water temp: 27-28°C

Table 18. TLm of industrial wastes in April to common carp.

Industrial planta	24 h	48 h	72 h	96 h
興南	16.5	16.5	16.5	16.5
長春	10.5	10.5	9.0	4.1
双鹿	3.9	3.5	3.1	3.1
台聚	—	—	—	—
豐士	43	43	43	43
南亞	—	—	—	—
遠東	41	41	28	15
台塑	90	82	80	80
楠梓	9.0	6.0	4.6	4.1
大能	—	—	86	64