

台南地區漁業環境污染調查及改善之研究

王松賓 *

中文摘要

二仁溪流域之漁業環境污染源有家庭污水、工業廢水、垃圾滲漏水、畜牧廢水、廢五金酸洗廢水及非點源污染等，各污染源改善措施成效不彰，水體含銅量仍逐年增加。水體中之銅以非溶解性形態運送為多。底泥之含銅量與其含有機物量及粒徑有正相關關係。經由二仁溪河口隨水流流向海域之銅量估計年約 21,520 公噸，這些銅之宿命如何有待進一步研究。

在鹽水溪河口以南至喜樹以北之海域內，於離岸 300，500，800 及 1,000 公尺處，共捕獲五十一種漁業生物，其每一離岸距離捕捉之漁業生物種分歧性指標平均分別為 1.92，2.12，1.75 及 1.69。這些生物具有經濟價值者約佔五分之三。

檢驗漁類、蝦類、貝類及蟹類等生物體肉含鎘、銅、鎳和鉛量分別為：

	鎘	銅	鎳	鉛
	(mg / Kg 濕重)			
魚類	0.01 ~ 2.75	0.34 ~ 2.32	0.34 ~ 8.40	0.56 ~ 5.67
蝦類	0.01 ~ 1.53	4.18 ~ 68.2	0.53 ~ 6.98	0.57 ~ 4.20
貝類	0.66 ~ 1.85	22.9 ~ 61.6	2.96 ~ 4.69	3.15 ~ 4.91
蟹類	0.42 ~ 1.56	3.56 ~ 13.2	1.49 ~ 10.6	1.42 ~ 8.00

比較本區二仁溪河口海域捕獲同種生物之含鎘和銅量，前者比後者為低，但鎳及鉛量則二者不相上下。

* 國立中山大學海洋資源系副教授

一、計畫緣起及目的

本省西南部河口及沿海地區，為著名淺海養殖和重要沿岸漁業發展水域。近十幾年來，由於流入該地區之陸域河川水質，普遍受到家庭污水及工業廢水等排入關係，導致部份河口地區之水質劣化，影響淺海養殖漁業。有鑑於此，行政院農業委員會為保護該等水域之漁業資源，免於受到河川水質的影響，自民國七十三年度起，推動「台灣西南沿海養殖區水質監視先驅計畫」，其初步結果發現台南、高雄地區之鹽水溪、二仁溪和後勁溪等河口及其鄰近海域水質，已受到某種程度的重金屬污染⁽¹⁾。

農委會為進一步瞭解海域水質受重金屬污染對該等地區的漁業資源，是否已構成危害，另於七十四年度又繼續推動水質污染對河口及其鄰近海域漁業資源影響調查研究，其結果發現在二仁溪河口捕獲之漁業生物體肉，其含鎘、銅、鎳和鉛量比對照區之同種生物為高⁽²⁾，顯示二仁溪河口海域之漁業資源已受到該溪河水污染的影響。

本計畫為配合二仁溪水污染防治計畫，繼續調查研究二仁溪河口及鄰近海域水產養殖計畫歷史背景、水文氣象、水質及底泥含銅量。同時，調查鹽水溪河口及其鄰近海域漁業資源，以便做為研提評鑑及區劃河口海域水產養殖生產區類別參考。

二、研究設計及試驗方法

1. 鹽水溪河口海域部份

漁業資源之調查研究全年分四次，於鹽水溪河口以南至喜樹以北之海域內實施（圖 1）。採樣時，在該海域四個不同離岸距（300，500，800 及 1,000 公尺）分別以流刺網採捕漁業生物，歷時各約一小時。樣品採集後當天送回中山大學試驗室冷藏。

各航次採集之生物樣品經分別鑑定種名，計數個體數及種類後，

以種分歧性指標法分析漁業生產群聚變化，其計算式為：

$$d = - \sum \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

式中，N為樣品之總個數數， N_i 為樣品第*i*種之個體數。

每一種漁業生物經體長及體重量測，並評析其經濟性。最後，每一種類之生物體以AOAC方法⁽³⁾，分別測定含水率後，再用硝酸及硫酸分解，其分解液應用原子吸光儀（Perkin Elmer Model 2380）測定各該生體中之含鎘、鎳、銅及鉛量。

2.二仁溪流域及河口部份

(1)銅存在相之分析

A、水含銅量測定

二仁溪南定橋站之河水採回實驗室後分成二部份，一部份水樣加0.015 M HNO_3 及 H_2O_2 ，在電熱板上加熱（120℃）一小時，用以測定總含銅量。另一部份水樣充以直徑4.7 cm，孔目0.45 μM 濾紙過濾，其濾液加入0.015 M HNO_3 ，並在電熱板上加熱（60℃）二小時，用以測定溶解性含銅量。

B、底泥理化性及含銅量測定

於二仁溪南定橋上下游河口河段之左右二岸，分別各設三個採樣點採底泥（圖2）。樣品採完送回實驗室後分成二部份，一部份做粒徑分析，另一部份底泥以土壤分析法⁽⁴⁾，測定含有機物質及含銅量。

(2)河口海域銅流入量推估

流量以速連面積法測定，再參考台灣地區綜合開發計畫水資源部門技術報告⁽⁵⁾及二仁溪流域水污染防治計畫河川及其污染源調查分析研究報告⁽⁶⁾後決定。河水含銅濃度以去年度計畫實測資料⁽⁷⁾（圖3）及參考台灣河川水質年報資料⁽⁸⁾後決定。

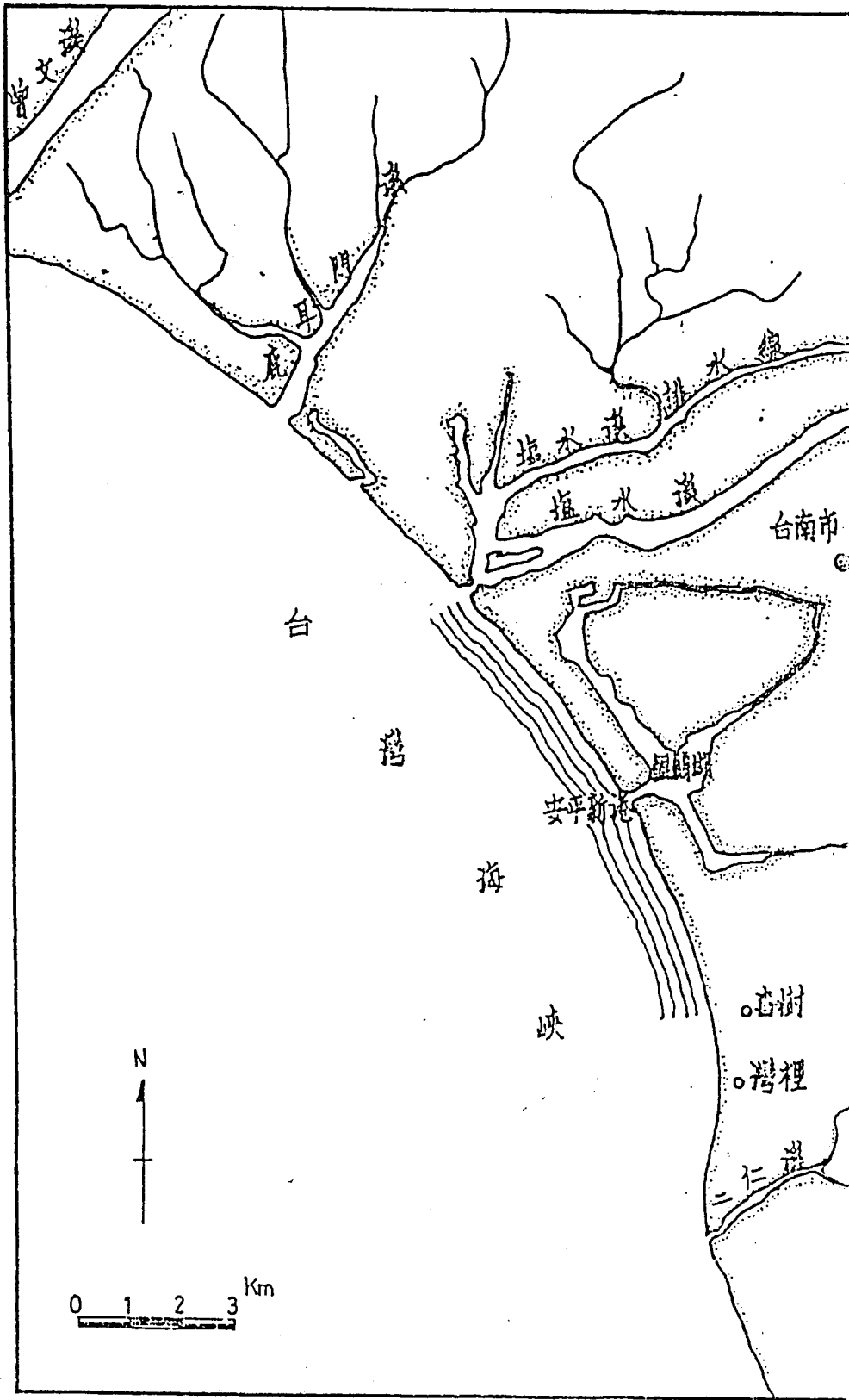


圖 1. 鹽水溪及二仁溪河口間海域漁業資源採樣位置

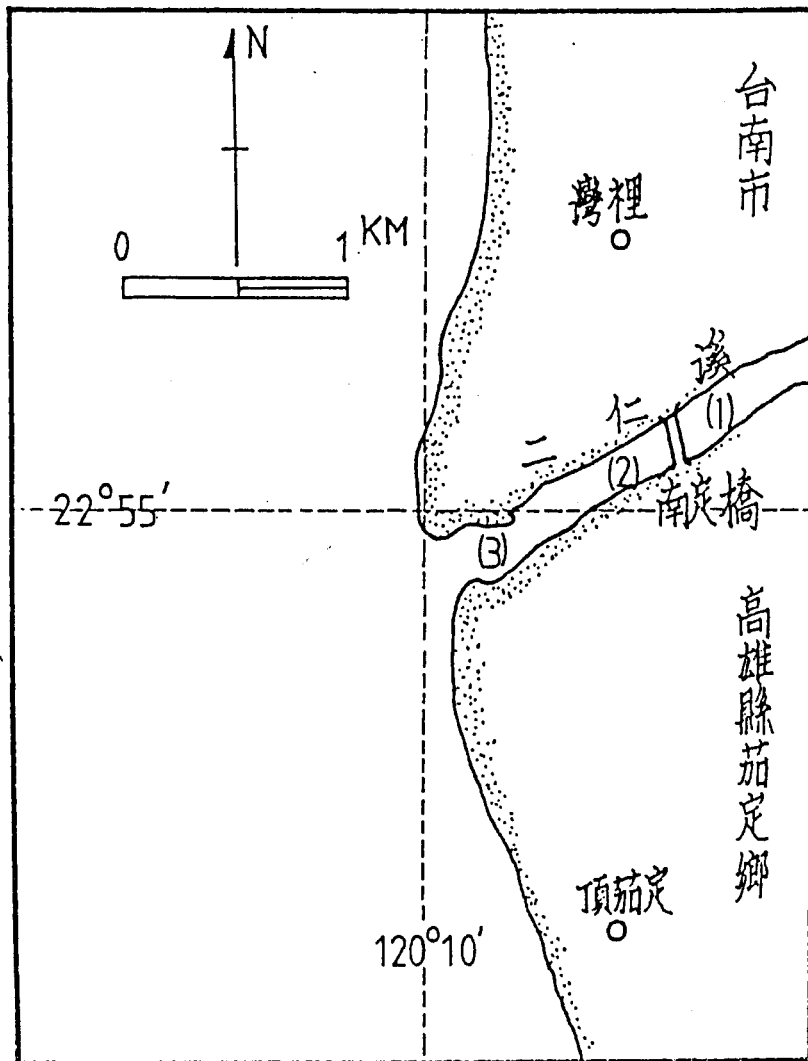


圖2. 二仁溪河口底泥採樣位置

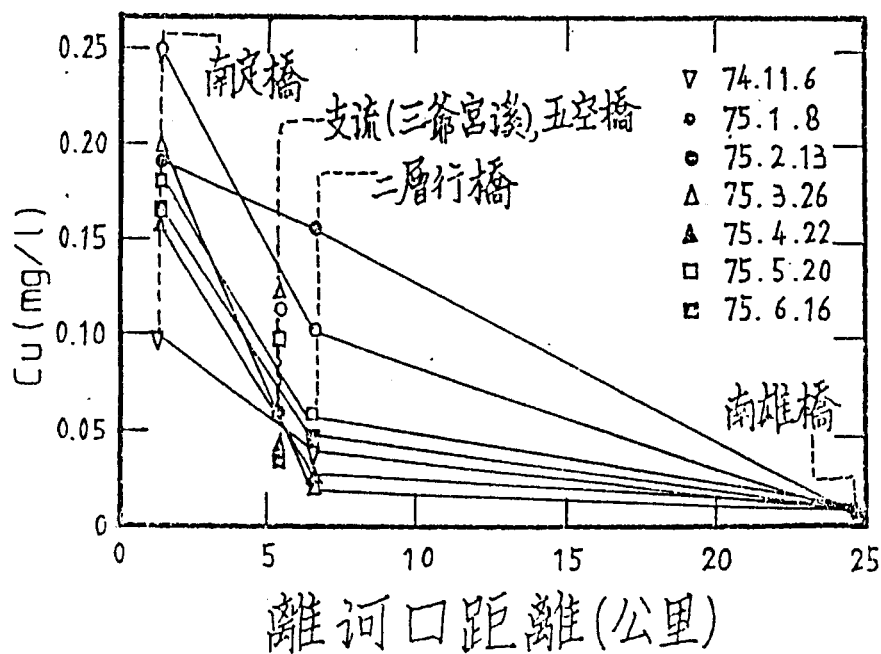


圖3. 二仁溪流域河水含銅量

三、結果與討論

(一)二仁溪流域及河口海域之漁業環境

一、自然環境

二仁溪源自高雄縣山豬湖，經內埔盆地蜿蜒西行，在流經古亭坑田寮等丘陵地後，有南安老溪、牛稠埔溪等支流來匯，至崗上頭附近又匯支流蕃社溪後流入平地成爲幹流。爾後沿高雄及台南縣界匯合深坑子溪、三爺宮溪等支流，至台南市灣裡及高雄縣茄萣鄉白沙崙附近流入台灣海峽。

二仁溪主流長65公里，流域面積約350平方公里，爲高屏溪以北高雄地區最大河川。因上游是山區，自然引水困難，且逕流分佈極不均勻，故缺水嚴重，缺水量年達 27×10^6 立方公尺，缺水率達44.2%，爲本省之冠。又本溪年剩餘逕流量雖有 53×10^6 立方公尺，但幾乎全部集中於豐水期，利用率極低，且本溪輸砂量每平方公里高達28,880立方公尺，其數量之高亦爲全省之冠，水質天然條件並不佳。

二仁溪河口附近海域目前尚無海岸水文氣象觀測站，故就近以台南縣之將軍站及曾文站之實測記錄資料分析。本海域四至九月之風向以北北東、北北西、南南西及西南西爲多(72%)。海域之潮流爲半日混合潮型，其橢圓形流向長軸大抵爲南北向，而在整個潮流運動過程中，有一流速約 $6.25 \text{ cm} / \text{ sec}$ ，流向爲 231.6° 之恒流。潮汐現象中之年平均潮位爲0.18公尺。該海域海水密度結構均勻，爲一非層化水體，溫度變化亦微，也無明顯變溫層。

二仁溪河口海域由海岸線至-15公尺等深線間之海底地形坡度約爲 $1 / 120 \sim 1 / 150$ ，由-15公尺至-20公尺等深線間之坡度約爲 $1 / 250 \sim 1 / 600$ ，即靠海岸線部份之陸棚較陡，水深大於-15公尺之

地形坡度反較爲平緩。此外，河口南方往興達港方向之坡度較北方往安平港方向爲陡。

二、漁業生產狀況

二仁溪流域水體主要用途爲灌溉及淡水養殖漁業用水。鹹水漁塭僅限於南定橋附近有少數河水（感潮段）被引用。根據本次調查，台南市引用此河水之魚塭約有 17.5 公頃，高雄縣約有 21.54 公頃，共計 39.04 公頃。養殖水產物主要爲草蝦、虱目魚、石斑及花身魚等。

二仁溪河口海域之漁撈漁業發達，漁業種類多。本計畫去年度調查研究中，共捕獲魚類 43 種、蝦類 16 種（表一），其中具有經濟價值者約佔四分之三，頗具沿岸漁業發展潛力。另據興達港漁會的報告，本海域盛產烏魚苗、鰻苗、虱目魚苗、鱸魚苗等，亦是近海漁業的重要據點。此外，興達漁會爲解決興達內海養殖蚵民養殖場問題，於五年前在二仁溪以南 500 公尺，離岸 400 公尺起，向南及外海延伸，劃定（4,600 公尺 × 600 公尺）約 2.76 平方公里水域，供 46 戶漁民養殖牡蠣，生產情形良好。可惜，去年（七十五）年初由於養殖牡蠣變綠，政府恐怕該等牡蠣影響消費者健康，特別僱工拆除毀棄，今年已不在該地養殖，且農委會於七十五年十二月廿七日函請衛生署及台灣省政府劃定爲不宜養殖範圍內。

河口北方海域至台南市之喜樹以南沿海，除有零星之漁撈漁業外，目前尚無使用，喜樹以北海域則有台南市所屬漁民在該處從事牡蠣養殖。台南市漁會亦於五年前在安平港劃定專用牡蠣養殖區，供漁民養殖牡蠣。

三、漁業環境污染來源及其改善計劃

根據本調查研究發現，二仁溪流域漁業環境之污染來源分別爲家庭污水、工業廢水、垃圾滲漏水、畜牧廢水、廢五金酸洗廢水及非點源污

表一 漁業生物資源

學 名	中文名稱	經 濟 性
魚 類		
1. <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	黑鯛	++
2. <i>Apogon kiensis</i>	二帶天竺鯛	
3. <i>Apogon quadrifasciatus</i>	四線天竺鯛	
4. <i>Bostrichthys sinensis</i>	中國鱧鱧	
5. <i>Calliurichthys scabriceps</i>	粗頭鼠鯪魚	
6. <i>Collichthys lucidus</i>	梅童魚	(+)
7. <i>Cryptocentrus filifer</i>	絲鰕虎魚	
8. <i>Cynoglossus lida</i>	利達鞋底魚	(+)
9. <i>Cynoglossus puncticeps</i>	頭斑鞋底魚	(+)
10. <i>Dasyatis kuhlii</i>	古氏土魷	
11. <i>Drepane punctata</i>	斑點簾鯛	++
12. <i>Engraulis japonica</i>	日本鰲	+
13. <i>Engyprosopon multisquama</i>	多鱗達摩鰲	(+)
14. <i>Epinephelus diacanthus</i>	擬青石斑	++
15. <i>Herklotsichthys quadrimaculata</i>	斑青鱗魚	+
16. <i>Johnius amblycephalus</i>	鈍頭鬚鰺	+
17. <i>Johnius carutta</i>	白帶魷口	+
18. <i>Johnius dussumieri</i>	杜氏魷口	+
19. <i>Leiognathus splendens</i>	台灣鰹	((+))
20. <i>Miichthys miiuy</i>	輓魚	++
21. <i>Mugilogobius tagara</i>	塔加拉絲鰕虎魚	
22. <i>Nibea albiflora</i>	白花鰺	+

表一 漁業生物資源 (續)

學 名	中文名稱	經 濟 性
魚 類		
23. <i>Odontobutis obscura</i>	土魴	
24. <i>Onigocia spinosa</i>	兔牛尾魚	
25. <i>Parapercis ommatura</i>	正虎鯧	
26. <i>Paraplagusia bilineata</i>	雙線縷唇牛舌魚	(+)
27. <i>Paraplagusia blochi</i>	布氏縷唇牛舌魚	(+)
28. <i>Platycephalus indicus</i>	印度牛尾魚	+
29. <i>Prionbutis koilomatodon</i>	花錐鰓鯉	
30. <i>Pseudorhombus oligodon</i>	貧齒扁魚	(+)
31. <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	五目扁魚	(+)
32. <i>Radigobius caninus</i>	虎齒輻鰓虎魚	
33. <i>Repomucenus richardsonii</i>	李查遜背果鼠鱗魚	
34. <i>Rhinogobius nebulosus</i>	雲紋吻鰓虎魚	
35. <i>Sardinella gibbosa</i>	隆背砂魴	+
36. <i>Secutor ruconius</i>	仰口鰩	((+))
37. <i>Selariodes leptoclepis</i>	木葉鱈	+
38. <i>Siganus fuscescens</i>	臭都魚	++
39. <i>Sillago sihama</i>	沙鯪	++
40. <i>Stolephcrus indicus</i>	印度銀帶鯨	+
41. <i>Terapon jarbua</i>	花身雞魚	++
42. <i>Thryssa dussumieri</i>	杜氏劍鯨	+
43. <i>Upencus quadrilineatus</i>	四線秋姑魚	+

表一 漁業生物資源 (續)

學 名	中 文 名 稱	經 濟 性
蝦 類		
1. <i>Alpheus brevicristatus</i>	槍對蝦	+
2. <i>Alpheus</i> sp.	槍蝦類	
3. <i>Metapenaeopsis barbata</i>	紅尾赤斑蝦	+
4. <i>Metapenaeus affinis</i>	擬獨角新對蝦	+
5. <i>Metapenaeus mastersii</i>	馬氏新對蝦	+
6. <i>Metapenaeus monoceros</i>	獨角新對蝦	+
7. <i>Palaemon orientis</i>	東方長臂蝦	+
8. <i>Parapenaeopsis cornuta</i>	揚額擬對蝦	+
9. <i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>	刀額擬對蝦	+
10. <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	哈氏擬對蝦	+
11. <i>Penaeus latisulcatus</i>	竹節對蝦	++
12. <i>Penaeus monodon</i>	草對蝦	++
13. <i>Penaeus orientalis</i>	東方對蝦	+
14. <i>Penaeus penicillatus</i>	劍額對蝦	++
15. <i>Penaeus semisulcatus</i>	熊對蝦	++
16. <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	鷹爪糙對蝦	+
++ 高經濟性漁業生物		
+ 中經濟性漁業生物		
(+) 體長大於10公分以上才有經濟價值		
((+)) 體長大於6公分以上才有經濟價值		

染等。污染源多向，污染物多種，為本省污染嚴重之河川。

家庭污水來自流域內約一七四、〇〇〇人之生活排水。流域內因各鄉鎮未設有衛生下水道系統，其生活排水除糞便經化糞池簡單處理化外，其餘均直接或間接排入二仁溪本流及其支流，估計每日排入本流域之生化需氧量約二、八〇〇公斤。據台灣省政府住宅及都市發展局報告，至民國八十二年本流域地區仍無興建下水道建設計畫。因此，家庭污水污染二仁溪水體仍存在。

本流域內具有水污染性之工廠計有七十七家，其中以電鍍業十六家最多。其次為表面處理業14家，染整業10家，食品業8家，化工業7家，製革及其他製遊業6家，製紙業五家等。這些工廠中設有廢水處理設備者廿三家，其他工廠之廢水均未經處理逕行排放，成為河川污染源之一。台灣省環境保護局為配合本流域之污染防治計畫，採勤查重罰方式，加強查驗管制，對尚未設置污染防治設備之工廠，增加查驗頻率，並將依規定採按日連續處罰、停工等措施，以督促其改善。若能依法執行，對水質污染情形可能會有改善。

流域內在河川旁設有垃圾堆積場之鄉鎮有台南市、仁德鄉、歸仁鄉、關廟鄉、內門鄉、田寮鄉及阿蓮鄉，全部面積約七公頃，垃圾滲漏水中流入二仁溪之生化需氧量估計，每日約二〇〇公斤。至目前為止，並無防治垃圾滲漏水污染河川之計畫，因此，二仁溪流域受污染之情況將繼續存在。

二仁溪流域養豬事業發達，養豬戶約有一、四五〇戶，總飼養頭數約在四十二萬頭，每日排放糞尿之生化需氧量約一二、七〇〇公斤，目前均無處理即直接排放，亦無改善污染防治計畫。是故，本流域養豬廢水污染將繼續存在。

廢五金酸洗廢液是本流域重金屬污染源之一，其作業之廠家分佈於台南市灣裡地區，共約一四四處，產生之廢液亦排入二仁溪。對於本流域之廢五金業污染改善措施，省環保局已加強取締在河川露天焚燒廢五金及廢五金在河川中洗滌。同時，由台南市政府規劃設立灣裡廢五金專

業區，在區內設酸洗區，酸洗廢水設有共同污水處理廠集中處理，並將在區內成立管制隊，加強管制。俟區內廢五金工廠設立完成後，區外廢五金違章工廠將由有關單位予以拆除，避免其製造污染。若能依計畫執行，對水質污染可能會有改善。

四、漁業環境污染特性

漁業環境化學性污染物大致分為有機及無機性二大類。有機性污染物主要為生化需氧量及含氮化物，其對漁業生物的影響除直接毒化，就是在水環境中，因其氧化作用使水環境缺氧，導致生物死亡，影響漁業生產者損失。無機性污染物主要為金屬類，因其透過不同中介進入漁業生物體內，含量過多時改變其商品價值，甚至直接威脅消費者健康，因而受到更多人的關切。

依據本計畫去年度之調查研究結果顯示，二仁溪河口海域之漁業生物，其體內含鎘、銅、鎳和鉛量，絕大部份樣品比對照區之漁業生物含量高，亦比本省其他地區捕獲之漁業生物含量高。復由二仁溪河口海洋生物對銅之濃縮係數研究⁽⁷⁾，該海域之魚類、蝦類及貝類在海洋環境中對銅的濃縮係數分別為 20 ~ 90，350 ~ 730 及 7,100 ~ 19,400 倍。更高之水體含銅濃度，將使該等生物累積更多的銅（如牡蠣變綠）。因此，本計畫特別先對銅在本流域之水體變動行為做進一步研究。

表二為最近六年二仁溪南定橋河水含銅濃度，其含銅量有逐年遞增的趨勢，若與河川各類水質標準（銅為 30 ppb）相比，則最近三年該處河水含銅量幾乎全超過該值，且超過量有些高達七倍以上。全流域河水含銅量的變化如圖 3 所示，其污染源可能來自二仁溪下游河段流域內之各項排水。

表三為二仁溪南定橋站河水含銅量之存在相。該處河水中銅大部份（75%）與懸浮物質共存於水體中傳輸，這項結果與高屏溪⁽⁹⁾及日本名古屋堀川⁽¹⁰⁾河水中銅之傳輸現象略有不同。若比較二仁溪及高屏溪河水

中之懸浮物質及生化需氧量，前者比後者為多（尤其南定橋河水）。Calmano And Forstner 氏指出⁽¹¹⁾，粘土礦物粒度小於 $2 \mu\text{m}$ 者，其表面積比率大，且表面常帶有因原子或離子發生取代而產生的永久性負電荷，更有助於對金屬的吸附作用。Rosental 氏等報導⁽¹²⁾，水體中有機物的含量與金屬含量有密切關係，尤其有機物質中之官能基如 $-\text{OH}$ ， $-\text{COOH}$ 及 $-\text{NH}_2$ 都會與重金屬形成穩定之有機金屬。二仁溪河水之銅在水體中如何與懸浮物質及生化需氧量之關連，目前並不瞭解，有待進一步研究。

表二 二仁溪南定橋河水含銅濃度⁽⁸⁾

	二	三	四	五	六	九	十	十一
75.	110	—	220	80	40	140	220	50
74.	—	160	—	100	—	60	—	230
73.	160	—	—	80	—	40	—	80
72.	20	—	30	—	—	—	—	—
71.	—	—	—	—	—	50	—	60
70.	—	20	30	—	—	20	—	30

表四為二仁溪南定橋上下游河段底泥之粒徑分析。靠海口二岸（圖 2）之底泥粒徑，集中分佈在 0.35 ~ 0.84 mm 間，粒徑小於 0.149mm 之底泥含量很少。通常，粒徑 0.1 mm 之懸浮粒子在水流靜止時，每分鐘可沈降 0.6 公尺。若水流流動時，粒子沈降速度受水流影響，在該粒子未沈降至河底前已被懸浮移位，無法沈降河底堆積，由此推知，在二仁溪出海口之水體，其懸浮粒子中粒徑小於 0.1 mm 者，絕大部份在沈降前已被帶往外海，而其動能來自碎波後之作用力及潮流力。

靠內陸二站底泥粒徑之分佈介於 0.149 ~ 0.84 mm 者為多，且 0.84 ~ 0.35 mm，0.35 ~ 0.149 mm 及小於 0.149 三組之粒子分佈亦頗為均勻。換句話說，作用於此河段之河水動力有別於出海口處之海水動力，使其懸移粒子有選擇性沈降至河底，或上游河段底泥由水流推動淘選之結果所致。

表三 南定橋站河水中銅之存在相

採樣日期	存在相	
	溶 解 性	非過濾性（懸浮物質）
	%	
75. 1. 8.	33	67
75. 2. 13.	28	72
75. 3. 26.	30	70
75. 4. 22.	20	80
75. 5. 20.	22	78
75. 6. 16.	28	72
75. 9. 10.	12	88
75. 10. 16.	30	70
平 均	25	75

表四 二仁溪底泥粒徑分析 (%)

採樣日期	存在相	左 岸			右 岸		
	%	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
	72.0	3.4	3.0	0.2	1.8	1.8	3.8
	2.0 ~ 0.84	7.6	5.5	0.1	12.2	7.7	2.6
	0.84 ~ 0.35	28	20.5	85	24	21.5	68
	0.35 ~ 0.149	39	41	14	28	28	20.6
	< 0.149	22	30	0.7	34	31	5

表五為二仁溪河口底泥全量性 (Bulk) 含銅量及有機物量。靠海口二岸之底泥，其含銅量比靠內陸二站者為少，這項結果與前述之底泥粒徑大小相關性至為吻合，即底泥粒徑小於 0.35 mm 以下者，可能與銅之存在相有密切的關係。表五亦說明底泥含有機物量與含銅量相似，靠內陸二站之底泥含有機物量較靠海口處為多。換言之，底泥含有機物量及含銅量均與底泥粒子大小有關連。

儘管有些研究者認為沈積物中金屬全量並不等於可供生物利用之全量，但是靠內陸二站含銅量高達 181 ~ 402 ppm 的現況，不得不令人意識到污染事態的嚴重。據筆者做過本省西部六條主要河川底泥銅含量平均值為 24.5 ppm⁽¹³⁾。多田等人調查日本七十七條少有人為影響之河川底泥含銅量全國平均值為 23 ppm⁽¹⁵⁾。若將二仁溪河口底泥含銅量與之相比，高出將近廿倍之多，顯示二仁溪河口底泥中之銅有其重要的來

源，其如何堆積亦應有其重要機制，這些問題仍不清楚，有待進一步研究。

表五 二仁溪河口底泥全量性之含銅及有機物質

採樣站 底泥 特性	左 岸			右 岸		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
含銅量 (ppm)	241	181	26	347	402	54
含有機物量 (%)	3.9	4.0	2.4	4.4	3.8	2.2

對於二仁溪流域及其河口海域環境之污染特性問題，本調查研究得知本流域年逕流量為 440.87×10^6 立方公尺，經引用及迴流至南定橋站之年逕流量為 165.52×10^6 立方公尺。若依七十四~七十五年實測水中含銅濃度（圖 3）及參考台灣河川水質年報資料，以 $0.130 \text{ mg}/\ell$ 計算，則經二仁溪河口流向海域之銅量年約 21,520 公噸。由於河口海域等深線 -15 公尺以內之水體，其流動動力來自潮汐作用為主，而潮汐流動又略平行於海岸，呈南北來回流動，因此經由河口流向海域之銅，很可能在此海域水體環境堆積，而其影響範圍有多大，目前亦不瞭解。

尤有甚者，二仁溪河口海域在水深 -17 公尺以內之表層水，其全量性含銅量為 $7 \sim 28 \mu\text{g}/\ell$ ，平均為 $17.5 \mu\text{g}/\ell$ ⁽⁷⁾。中央研究院國際環境科學委員會中國委員會在其二仁溪河口附近海域水質與生態環境調查研究⁽¹⁴⁾所測海水含銅量為 $5.53 \sim 54.67 \text{ ppb}$ ，其中超過 30ppb 樣品約佔總樣品之五分之一。同報告內有關沿岸沈積物全量性之含銅量為 $9 \sim 59 \text{ ppm}$ ，其中絕大部份之沈積物為砂質，含泥質部份佔少數。沈積物

含砂質及泥質比率與含銅量間的關係並不明顯。因此，經由河口流向海域之銅，沈積到沈積物中的機會似乎不大，很可能懸浮於水體中。

綜合前述調查研究結果顯示，以銅為環境污染物去評鑑二仁溪流域及區劃其漁業生產區類別，其資料仍未完整，尚待繼續研究。至於該地區已被公告為不適宜水產養殖區，從本省水土資源的利用上實屬一大損失。因此，如何使其復原，以便繼續用於漁業生產區，亦為當務之急。

(二) 鹽水溪河口海域漁業資源

表六為鹽水溪河口安平港外海域四個航次中，依不同離岸距離之海域所捕獲漁業生物的種分歧性指標，其平均值分別為 1.92，2.12，1.75 和 1.69，以離岸 500 公尺之環境，其漁業生物種分歧性指標最高。

由於鹽水溪河口海域過去均無這方面的基礎資料可做比對，且各河口海域中，除了水質因子影響生物群聚外，其他環境因子亦影響生物類別及其個體數量的多寡。同時，亦因環境的差異，很難找到同樣的採捕工具及方法。因此，經由種類及其個體數計算出的種分歧性指標，難與其他河口海域之種分歧性指標做比對，以用來研判鹽水溪河口海域之漁業生物群聚比其他地區者為高或低。不過，這項結果可做為本海域之漁業生物其將來是否因鹽水溪河水水質的改變而影響其生物群聚的參考。

鹽水溪河口海域捕獲之漁業生物共有魚類（三十五種）、蝦類（十一種）、貝類（三種）及蟹類（二種）等五十一種。其中具有高經濟價值者有沙鯪、臭都魚、草對蝦、東方對蝦及中華對蝦（表七一 1 至表七一 3）。中等經濟價值者有杜氏魷口、鈍高鬚鰕、白帶魷口、高鼻水滑、灣鰕、新獨角對蝦、擬獨角新對蝦、哈氏擬對蝦、固氏新對蝦、彎角鷹爪對蝦及 *Metapenaeus ensis* 等。

就整體漁業生物資源而言，鹽水溪河口海域之漁業生物種類繁多，生物群聚應屬穩定，故頗具沿岸漁業發展潛力。

表七-1 至表七-3 為鹽水溪河口海域捕獲漁業生物體內含鎘量之濃度範圍及其平均值。其中，魚類、蝦類、貝類及蟹類分別為 0.01 ~ 2.75 ppm, 0.01 ~ 1.53 ppm, 0.66 ~ 1.85 ppm 及 0.42 ~ 1.56 ppm。整體而言，該海域之漁業生物體肉含鎘量超過日本政府所訂 (1.0 ppm) 之安全量者不多。

就生物種別而言，二帶天竺鯛在本海域共捕獲八次，其含鎘量介於 0.84 ~ 2.24 ppm，平均為 1.42 ppm，可確定為含鎘量較高的魚類。仰口魷、台灣鰻、台灣深海鼠銜魚、黑尾砂魷、斑雞魚、灣魷、六帶海鱗及大眼鰻等魚類，其鎘含量雖達 1.0 ppm 以上，但因樣品較少，故目前尚難確定其真正含量。

蝦類中雖有中華對蝦、彎角鷹爪對蝦及 *Squilla oratoria* 等種類之體肉含鎘量超過 1.0 ppm，但樣品數亦少。若比較鹽水溪及二仁溪河口海域捕獲之同種蝦類，諸如擬獨角新對蝦、獨角新對蝦、哈氏擬對蝦、草對蝦及東方對蝦等⁽²⁾，則其含鎘量前者比後者為低。不過，日本有明海域因受鍊鋅工廠廢水排放的影響，其所產的蝦類 *Squilla oratoria* 含鎘量為 0.86 ~ 1.33 ppm⁽¹⁵⁾，與鹽水溪河口捕獲之同種蝦類相當，值得我們注意，並做進一步調查。

表七-1 至七-3 為鹽水溪河口海域捕獲漁業生物體肉含銅量之濃度範圍及其平均值。其中，魚類、蝦類、貝類及蟹類分別為 0.34 ~ 2.32 ppm, 4.18 ~ 68.2 ppm, 22.9 ~ 61.6 ppm 及 3.56 ~ 13.2 ppm，以蝦類的含銅量最高。

魚類含銅濃度因不同魚種間有些微差異，但半數以上的魚種，其含銅量均在 1.0 ppm 以下。在本海域捕獲之鈍頭鬚魷、白帶魷口、台灣鰻、布氏纓唇牛舌魚、仰口鰻、臭都魚等體肉含銅量均比二仁溪捕獲之同種魚類含銅量為低。沙鯪魚與香山⁽¹⁰⁾及二仁溪河口捕獲者不相上下。

蝦類體肉含銅濃度比魚類約高出十倍，其種別間含銅量之差異性，亦比魚類間之差異性為大。蝦類比魚類含銅量高的原因，可能與其血液

中富含血色素Haemocyanins有關。Haemocyanins 爲銅和蛋白質的結合物，它在蝦體循環系統中扮演運輸氧氣的角色。在本海域捕獲之擬獨角新對蝦、獨角新對蝦、哈氏擬對蝦、草對蝦、東方對蝦及鷹爪糙對蝦等體肉，其含銅量均比在二仁溪河口捕獲之同種蝦類爲低。不過，在本海域捕獲之 *Squilla oratoria* 比日本東京灣捕獲之同種蝦類⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾ 高出2~3倍，其理由爲何？有待進一步研究。

鹽水溪河口捕獲之貝類及蟹類體肉含銅量雖高（22.9~61.6 ppm及3.56~13.2 ppm），但由於此類生物捕獲之樣品不多，文獻上亦找不出同種類生物之含銅量，故目前尚難研判其河川水質的影響爲何？

表七-1至七-3爲鹽水溪河口海域捕獲漁業生物體肉含鎳量之濃度範圍及其平均值。其中，魚類、蝦類、貝類及蟹類分別爲0.34~8.40 ppm，0.53~6.98 ppm，2.96~4.69 ppm及1.49~10.6 ppm。它們之間含鎳量的差異性不如前述之含銅量大。

國際環境科學委員會，中國委員會報導，本省環海經濟魚貝含鎳量爲0.56~1.67 ppm、貝類爲0.80~3.87 ppm。吉田報導⁽¹⁹⁾，日本東京灣的魚類含鎳量爲0.27~0.36 ppm，貝類爲0.78 ppm、蝦類爲0.55 ppm。若將此等漁業生物含鎳量與鹽水溪河口所捕獲之同類生物含鎳量相比，則鹽水溪河口捕獲之漁業生物含鎳量，已有偏高趨勢。尤有進者，在鹽水溪河口捕獲之白帶魷口、杜氏魷口、台灣鰻、布氏縷唇牛舌魚、隆背沙釘、仰口鰻、臭都魚、沙駿魚、擬獨角新對蝦及鷹爪糙對蝦等漁業生物體肉含鎳量均比在二仁溪河口捕獲之同種生物含量要高。二仁溪河口漁業生物含鎳量偏高可能與該處海水含鎳量偏高有關⁽²⁾，而鹽水溪河口捕獲之漁業生物含鎳量偏高又與什麼有關？有待進一步調查研究。

表七-1至七-3爲鹽水溪河口海域捕獲漁業生物體肉含鉛量之濃度及其平均值。其中，魚類、蝦類、貝類及蟹類分別爲0.56~5.67 ppm，0.57~4.20 ppm，3.15~4.91 ppm、及1.42~8.00 ppm

。四類不同生物間之體肉含鉛量差異性不大，同類生物不同種間之含量亦無多大差異。

國際環境科學委員會中國委員會指出，本省環海經濟魚類含鉛量為 0.32 ~ 4.30 ppm，貝類為 0.38 ~ 1.99 ppm。Phillips 氏報導⁽²⁰⁾澳洲 Port Phillip Bay 之貝類 *Mytilus edulis* 含鉛量為 0.71 ± 0.20 ~ 10.02 ± 5.45 ppm。吉田氏報導⁽¹⁹⁾日本大阪灣海域魚類含鉛量為 0.59 ~ 1.14 ppm，貝類為 0.30 ~ 1.88 ppm。若將此等資料與鹽水溪河口捕獲之漁業生物體肉含鉛量相比，鹽水溪河口海域捕獲者似乎略高。若與二仁溪河口捕獲之同種漁業生物含鉛量相比，鈍頭鬚鮑、白帶魷口、布氏纓唇牛舌魚、獨角新對蝦、哈氏擬對蝦、草對蝦等，鹽水溪河口海域捕獲者為低，但是杜氏魷口、台灣鰻、隆背砂魷、仰口鰻、臭都魚、沙鯪魚和鷹爪糙對蝦等，後者比前者為高。就全體漁業生物而言，鹽水溪河口海域捕獲之生物體肉含鉛量均低於加拿大政府所訂之含鉛量 10 ppm⁽²¹⁾。不過，已有部份樣品含鉛量高於二仁溪河口海域捕獲者，而該溪捕獲之漁業生物體肉含鉛量偏高的原因與該處海水含鉛量偏高可能有關係。因此，鹽水溪河口漁業生物體肉含鉛量偏高，似值得警覺與重視。

綜觀前述，鹽水溪河口海域捕獲之漁業生物，其體肉含鎘、銅、鎳和鉛量，雖大部份樣品比鄰近之二仁溪河口海域捕獲者為低，但比本省其他地區及國外之漁業生物為高，值得我們重視。二仁溪河口海域之漁業生物體肉含銅量偏高，已間接證明可能與河水受銅的污染有關，而鹽水溪河口捕獲之漁業生物含此等金屬偏高的理由為何？是否亦受來自南方二仁溪河水因潮流作用推移結果？或來自其他河川水之污染？尚待繼續調查以備齊資料做為研提防治方案及措施的參考。

表六 漁業生物群聚之種分歧指標

公尺 採樣日期	離 岸 距 離				
	300	500	600	800	1,000
75. 9. 15.		2.40	1.79	1.74	1.42
75. 11. 24.	2.21	2.34		2.26	1.89
76. 2. 24.	1.70	1.91		1.91	1.61
76. 5. 11.	1.85	1.85		1.10	1.83
平 均	1.92	2.12	1.79	1.75	1.69

表七-1 漁業生物資源經濟性及其含鎘、銅、鎳、鉛量

(mg/kg, 濕重)

編號	學名	經濟性	鎘含量	銅含量	鎳含量	鉛含量
1-1.	Johnius dussumieri 杜氏魷口	+	0.41 (0.01~1.16)	0.60 (0.40~1.05)	2.67 (1.13~4.70)	2.52 (1.71~4.40)
1-2.	Paraplagusia japonica 日本櫻唇牛舌	(+)	0.01	0.36	1.40	1.42
1-3.	Sillago sinama 沙鯷	++	0.39 (0.01~0.90)	0.58 (0.34~0.82)	2.99 (0.34~5.29)	2.89 (0.56~4.29)
1-4.	Atrobucca nibe 黑鰺	(+)	0.01	0.46 (0.44~0.48)	2.88 (2.00~2.56)	2.87 (2.20~3.54)
1-5.	Leiognathus elongatus 長身鰺	((+))	0.02	0.99	5.45	4.06
1-6.	Gerres lucidus 短棘鑽嘴魚	((+))	0.59 (0.01~1.09)	0.62 (0.42~0.85)	4.02 (3.00~6.59)	3.39 (2.51~4.28)
1-7.	Engyproson grandis quama 達摩鯧	(+)	0.01	1.20	6.20	5.00
1-8.	Johnius ambigcephalus 鈍頭鰺	+	0.01	0.41	0.43	1.66
1-9.	Thryssa kammaleasis 干麥爾刺鰺		0.01	0.43	1.03	1.37
1-10.	Paraplagusia blochi 布氏櫻唇牛舌魚	(+)	0.25 (0.01~0.52)	0.56 (0.45~6.66)	2.22 (0.93~4.10)	2.14 (0.75~4.01)
1-11.	Kuhlia boninensis 邦寧湯鯉	(+)	0.01	0.60	1.49	1.03
1-12.	Caranx sexfasciatus 六帶鰺	(+)	0.58 (0.03~1.00)	0.95 (0.37~1.31)	2.61 (1.99~3.32)	3.56 (2.30~5.67)
1-13.	Leiognathus equulus 高背鰺	((+))	0.57 (0.01~1.00)	0.71 (0.55~0.85)	3.23 (1.79~4.97)	2.54 (1.25~3.84)
1-14.	Johnius carutha 白帶魷口	+	0.01	0.35	1.90	1.61
1-15.	Siganus fuscus 臭都魚	++	0.75	0.81	3.14	3.15
1-16.	Pleuronichthys cornutus 角右鰺		0.53 (0.14~0.87)	1.06 (0.57~1.95)	2.91 (2.08~4.14)	2.27 (2.12~2.38)
1-17.	Apogon kiensis 二帶天竺鯛		1.42 (0.84~2.24)	0.95 (0.39~1.87)	4.76 (3.67~5.40)	4.16 (3.40~4.72)
1-18.	Secutor tuconius 仰口鰻	((+))	1.85 (0.96~2.75)	0.42 (0.40~0.44)	5.98 (3.56~8.40)	3.53 (2.94~4.12)

表七-2 漁業生物資源經濟性及其含鎘、銅、鎳、鉛量

(mg/Kg, 濕重)

編號	學名	經濟性	鎘含量	銅含量	鎳含量	鉛含量
1-19	<i>Arius maculatus</i> 斑海鯰		0.28	0.81	1.25	1.08
1-20	<i>Gerres argyreus</i> 銀鏡嘴魚	((+))	0.31	0.57	1.27	2.01
1-21	<i>Leiognathus splendens</i> 台灣鯧	((+))	1.55 (1.23~1.87)	1.18 (0.84~1.52)	6.05 (5.60~6.51)	4.16 (3.92~4.41)
1-22	<i>Polynemus sexfilis</i> 六絲馬鯨	(+)	0.42	0.84	1.90	1.33
1-23	<i>Nematalosa nasus</i> 高鼻水滑	+	0.24	0.50	0.86	0.97
1-24	<i>Bathycallionymus formosanus</i> 台灣深海鼠銜魚		1.13	0.35	2.27	2.16
1-25	<i>Sardinella melanura</i> 黑尾砂魷	(+)	1.71	1.08	3.29	2.57
1-26	<i>Pempheris vanicalensis</i> 黑橄擬之金眼鯛		0.89	0.58	4.21	3.42
1-27	<i>Sardinella fimbriata</i> 黑砂魷	(+)	0.33	0.79	1.06	1.64
1-28	<i>Sardinella gibbosa</i> 隆背砂魷	(+)	0.41	1.44	3.50	3.13
1-29	<i>Pomadasys maculatus</i> 斑雞魚	((+))	0.85 (0.63~1.06)	0.69 (0.66~0.72)	5.78 (5.77~5.78)	4.64 (4.46~4.82)
1-30	<i>Pseudorhombus neglectus</i> 普通扁魚	(+)	0.31 (0.29~0.33)	1.56 (0.79~2.32)	1.74 (1.53~1.94)	1.55 (1.18~1.92)
1-31	<i>Wak sina</i> 灣鰺	+	0.95 (0.83~1.06)	1.06 (0.58~1.53)	4.79 (4.26~5.69)	3.74 (2.77~5.18)
1-32	<i>Parapercis sexfasciata</i> 六帶虎鯧		1.27	1.21	6.08	4.77
1-33	<i>Microcanthus strigatus</i> 柴魚		0.11	0.90	1.04	1.05
1-34	<i>Apistus carinatus</i> 鬚鰺		0.70	1.02	4.39	2.71
1-35	<i>Leiognathus berbis</i> 大眼鯧	((+))	1.02	0.58	4.56	4.01
2-1	<i>Metapenaeus monoceros</i> 獨角新對蝦	+	0.02 (0.01~0.02)	6.53 (5.27~7.79)	2.74 (1.67~3.80)	2.17 (1.04~3.31)

表七-3 漁業生物資源經濟性及其含鎘、銅、鎳、鉛量

(mg/Kg, 濕重)

編號	學名	經濟性	鎘含量	銅含量	鎳含量	鉛含量
2-2	<i>Metapenaeus affinis</i> 擬獨角新對蝦	+	0.17 (0.01~0.50)	7.17 (6.80~7.78)	1.80 (0.53~1.83)	2.07 (1.26~2.60)
2-3	<i>Penaeus monodon</i> 草對蝦	++	0.02 (0.01~0.02)	6.27 (5.18~7.36)	1.91 (0.54~3.27)	2.24 (1.24~3.23)
2-4	<i>Penaeus orientalis</i> 東方對蝦	++	0.02 (0.01~0.02)	5.13 (4.18~6.08)	1.40 (1.24~1.56)	1.68 (1.52~1.83)
2-5	<i>Parapenaeopsis hardwickii</i> 哈氏擬對蝦	+	0.01	6.06	1.92	1.79
2-6	<i>Metapenaeus joyneri</i> 固氏新對蝦	+	0.56	5.10	2.11	1.98
2-7	<i>Penaeus chinensis</i> 中華對蝦	++	0.51 (0.26~1.03)	8.13 (6.24~11.0)	3.01 (1.29~6.52)	2.46 (1.15~4.20)
2-8	<i>Trachypenaeus cuevirostris</i> 彎角鷹爪對蝦	+	0.90 (0.76~1.04)	6.56 (6.48~6.63)	3.59 (2.97~4.20)	3.74 (2.75~4.73)
2-9	<i>Squilla oratoria</i>		0.96 (0.26~1.53)	45.2 (24.6~68.2)	3.29 (0.59~6.98)	2.36 (0.57~4.48)
2-10	<i>Metapenaeus ensis</i>	+	0.74	5.29	1.84	3.25
3-1	<i>Ficus ficus linné</i> 花球枇杷螺		0.66	32.6	4.46	3.31
3-2	<i>Notocochlis lineata</i> 細紋玉螺		1.56	60.3	3.58	3.87
3-3	<i>Neptunca polycostata</i>		1.15 (0.74~1.85)	44.6 (22.9~61.6)	3.78 (2.96~4.69)	3.47 (3.15~4.01)
4-1	<i>Charybdis japonica</i> 石蟹		0.59	13.2	5.20	4.14
4-2	Unknown sp.		1.17 (0.42~1.56)	7.22 (3.56~12.5)	3.60 (1.49~10.6)	4.71 (1.42~8.00)

※++ 高經濟性漁業生物
+ 中經濟性漁業生物
(++) 體長大於十公分以上才有經濟價值
(+) 體長大於六公分以上才有經濟價值

參考文獻

1. 台灣西南沿海養殖區水質監視先驅計畫 (1986)。台灣省環境保護局，台中市。
2. 王松賓 (1986)。水質污染對河口及其鄰近海域漁業資源影響調查研究，國立中山大學海洋資源系。
3. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (1986)。14th edition, 華香園出版社，台北市。
4. Methods of soil Analysis (1965)。American Society of Agronomy，大眾書局，台中市。
5. 台灣地區綜合開發計畫資源部門技術報告 (1984)。行政院經濟建設委員會都市及住宅發展處。
6. 二仁溪流域水污染防治計畫河川及其污染源調查分析研究報告 (1983) 國立成功大學環境工程系。
7. 王松賓 (1987)。二仁溪河口海洋生物對銅之濃縮係數研究，土木水利季刊，第13卷第4期，第55～60頁。
8. 台灣河川水質年報 (1981～1986)。台灣省環境保護局，台中市。
9. 王松賓 (1986)。高屏溪及其河口水體中鋅、鎳及銅之調查分析，土木水利季刊，第十三卷第1期，第37～42頁。
10. 伊藤和男 (1975)。名古屋港水域の底質の重金屬，公害と對策，11，650～659。
11. Calmano, W. and U. Forstner (1983)。Chemical extraction of heavy metals in polluted river sediments in central Europe Sci. Total Environ., 28:77-90.

12. Rosental, R. et al (1986). Trace metal distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 22:303 ~ 324.
13. Lee, C.H. and S.B. Wang (1978). A Study on Heavy Metal Contents on River Waters and Sediments in Western Taiwan Rivers, Proceedings of Aquatic Environment in Pacific Region, August 21 - 23, SCOPE / ACADEMIA SINICA, Taipei, R.O.C.
14. 二仁溪河口附近海域水質與生態環境調查研究 (1986)，中研院國際環境科學委員會中國委員會，台北市。
15. 多田史等人 (1978)，全國主要河川の上流部の底質土の重金属分佈，衛生化學，24，65 ~ 70。
16. 台灣環海經濟魚貝類與海洋生態環境之研究 (1982)。衛生署環境保護局及國際環境科學委員會中國委員會，台北市。
17. 菊地泰二 (1978)。内灣ベントス相二對ろ汚染の影響，昭和52年度特定研究「海洋環境保全の基礎的研究」，中間報告書Ⅱ。
18. 城久，矢持進和安部恒之 (1974)。大阪灣にばけろ重金属汚染の現況。大阪水試研究，4，1 ~ 41。
19. 吉田多摩夫 (1976)。海洋生物の重金属による汚染とその影響，20. 海洋科學，23，29 ~ 36。
20. Phillips, D.J.H.(1976). The common mussel *Mytilus edulis* as an Indicator of Pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. II. Relationship of Metals in the Mussel to Those Discharged by Industry. *Marine Biology*, 38,71-80.
21. Uthe, J. F. and E. G. Bligh (1971). Preliminary survey of heavy metal contamination of Canadian water fish. *J. Fish. Res. Bb. Canada* 28: 786-788.

ABSTRACT

Butachlor [N-(butoxymethyl)-2-chloro-2', 6'-diethylacetanilide], benthocarb [S-(4-chlorobenzyl)-NN-diethyl-thiocarbamate] and chlomethoxynil (2,4-Dichlorophenyl-3-methoxy-4-nitrophenyl) are the most popular herbicide used for the control of weeds in paddy fields in Taiwan. Accumulation and release in the aquatic environment of these herbicides by carp (Cyprinus carpio) and mosquito fish (Gambusia patruelis) were studied.

Butachlor have a medium tolerance limite (TLm) of 0.93 and 1.73ppm to carp and mosquito fish, respectively. Benthocarb showed TLm 1.93 ppm to carp, but owing to its low solubility, chlomehoxynil can not give any toxicity with the saturated aquatic solution until 10 days.

The maximum accumulation (0.051 ppm) of butachlor in carp were found after 72 hrs treatment in the 0.009 ppm aquatic solution. But in the case when the concentration was doubled at 0.018 ppm, the accumulation were fouond to have a maximum of 22.78 times by the same fish after 360 hrs exposure. The butachlor accumulated in carp will decreased by release or metabolize as soon as it was reached to the maximum accumulation. Carp accumulated benthocarb more than 39 times in the aquatic environment after 30 hrs exposure with 0.0186 ppm concentration, but about 150 times accumulation was found when it was exposed in two times at 0.0372 ppm after 360 hrs.

Residue of three herbicides in the irrigation system in Chang-

hwa and Yn-lin areas were also investigated. The maximum residues were 1.2, 1.7 and 0.09 ppb for butachlor, benthocarb and chlomethoxynil, respectively. The toxicity of these residues to fish seemed to be negligible.