

JCRR



臺灣中部地區水質及其對魚貝類之影響

Water Quality in Central Taiwan  
and Its Effect on Fish

Taipei, Taiwan, Republic of China

December 1976

# 中國農村復興聯合委員會

漁業專輯第22號

## 臺灣中部地區水質及其對魚貝類之影響

鄭 森 雄

中央研究院 動物研究所



中華民國六十五年十二月

Fish suffered mass mortality  
from water pollution in Ta-tu  
River in February 1976.

# Water Quality in Central Taiwan and Its Effect on Fish



**S. S. JENG, Ph. D.**

Institute of Zoology, Academia Sinica,  
Nankang, Taipei,  
Taiwan, Republic of China

December 1976



1,2. Along the central-west coast of Taiwan, hard clams *Meretrix Lusoria* are cultivated in the tidal zone.

3, 4. Oysters *crassostrea gigas* are cultivated by bamboo-stick method.



5, 6. The rivers in central Taiwan are short of water in dry season (May to October) from upstream to downstream.

7, 8. Condition of river at the same places in rainy season (November to April). The river is full.

9, 10. Many flood gates were built along the river to conserve water for irrigation (plate 9); sand and stones were used to block river water for industrial use (plate 10).

When the rivers are polluted by industrial wastes, most of the pollutants settle on the river bed.





11. Shrimps caught from polluted river. The smaller ones show their original green gray color, while the larger ones have turned black.



12. Fish caught from polluted river show black color, too.

13, 14, 15, 16. Industrial wastes discharged from chemical fiber plants heavily polluting the river.



# 目 錄

英文摘要	1
第一篇 緒言	3
I 臺灣中部河川之今昔	3
II 中部海岸地區養殖貝類之大量死亡	4
III 研究目的	4
IV 本篇參考文獻	5
第二篇 臺灣中部河川之水質及其對魚類之影響	6
I 緒言	6
II 實驗方法	6
一、採樣地點	6
二、採樣方法	8
三、水質測定項目及分析方法	8
四、生物檢定	8
III 實驗結果	9
一、臺灣中部之氣象	9
二、臺灣中部河川之外觀	9
三、臺灣中部河川上游之水質	9
四、臺灣中部河川 COD 之季節變化	12
五、臺灣中部河川溶解氧之季節變化	12
六、臺灣中部地區河水之 pH 與胺態氮	12
七、臺灣中部地區河川之其他水質	14
八、臺灣中部河川水之急性毒性	16
九、臺化綜合廢水之水質	17
IV 討論	18
一、大多數溪流已受到嚴重污染	18
二、工農業活動影響中部河川水況	18
三、中部河川水污染之特質	18
V 摘要	19
VI 本篇參考文獻	19



第三篇 臺灣中部海岸之水質與養殖貝類之大量死亡	26
I 緒言	26
II 實驗方法	26
一、採樣地點	26
二、採樣方法	26
三、水質化學測定	28
四、貝類死亡率之計算	28
III 實驗結果	28
一、臺灣中部海岸地區在雨季時之水質	28
二、臺灣中部海岸地區在乾季時之水質	33
三、春末初次大雨後沿岸海水之 COD	33
四、大雨前後淺海養殖文蛤之死亡率	33
IV 討論	35
V 摘要	36
VI 本篇參考文獻	36
第四篇 大肚溪之重金屬污染	39
I 緒言	39
II 實驗方法	39
III 結果與討論	39
IV 摘要	43
V 本篇參考文獻	43
誌    謝	45
參加工作人員	46
全文摘要	47

## SUMMARY

Central Taiwan is one of the important fish culture and agricultural centers on the Island. Several rivers flow from east to west entering the Taiwan Strait, supplying water for irrigation of paddy fields and carrying nutrients to the coastal areas for the cultivation of clam and oyster (plates 1-4). As the result of recent rapid industrial development in Taiwan, the rivers and coastal areas suffered great damage from industrial wastes. In order to know the water quality in central Taiwan today and its effect on fish, a comprehensive study was made with three objectives:

- (1) To understand the year round water quality in central Taiwan for fishery, agriculture and water pollution control reference.
- (2) To study the effect of river water on freshwater fish and shellfish cultivated along the coast.
- (3) To find out the extent of heavy metal pollution on river fish.

The water quality of Central Taiwan rivers, such as the Ta-tu River, Yang-tz Brook, Yuan-lin drainage canal, Mai-hsu Brook and Cho-shui River, (Fig. 2-1), was investigated from July 1975 through May 1976. After 10 surveys, detailed data were obtained, as shown in Appendix 2-1 to 2-7. Based on these data, it was found that the original river water quality in central Taiwan was quite similar to that in the other parts of the world except for higher concentrations of Mg and  $SO_4$ . However, most of the rivers were heavily polluted in mid and down stream.

Just as in southwest Taiwan, the rivers in central Taiwan are full in the rainy season, May to October (plates 7 and 8), and short of water in the dry season, November to April (plates 5 and 6), as shown in Figs. 2-2 and 2-3. In both the rainy and dry seasons, the Ta-tu River has been heavily polluted by industrial wastes and city [sewage from Changhua and Taichung, more severe in the dry season. No fish is found down from St. T2 of the Ta-tu River the year round near the outlet of Taiwan Chemical Fiber Co. Water sampled from this station always had chemical oxygen demand higher than 1,000 ppm, pH of 3, besides other acute toxic substances (Table 2-4). The Yang-tz Brook and Yuanlin drainage canal were originally built for irrigation, but have become the drainage ditch of various plants, and the sewer of Changhua and Yuanlin. In the dry season, the dissolved oxygen concentration in mid-stream (St. Y2, L2, L3) is as low as 0 to 2 ppm (Appendix 2-4(b)), containing acute toxic substances.

In order to conserve water for irrigation, in the dry season many flood-gates have been built along the rivers (plate 9). Sand and stones were used to block river water for industrial use (plate 10). As a consequence, the industrial wastes discharged from plants settle on the river beds in the dry season. With the decrease of river water, concentrations of waste increased more and more. Though fish survive in up midstream of the rivers in the rainy season (plates 11 and 12), they suffer high mortality when the concentration of the wastes reaches a certain level in the dry season. On February 13-14, 1976, large scale death of river fish occurred.

River pollution in central Taiwan is similar to that in central south Taiwan, i. e., in the rainy season, pollution is less, but in the dry season the rivers are heavily polluted, and industrial wastes settle on the beds. With the first heavy rainfall at the beginning of the rainy season, the pollutants concentrated on the river beds are flushed into the estuaries.

In order to ascertain the effect of river water on coastal area and the shellfish cultured along the coast, water samples were collected along the central west coast of Taiwan from August 1975 through February 1976 (Fig. 3-1). Four investigations, two in rainy season and two in dry season were made. It was found that the water quality along the coastal area could be divided into two types:

(1) In the rainy season, most of the water of the Ta-tu River flow northward. The salinity in station St. S1 was 25.5-30.4‰ (Fig. 3-2), while south of the Ta-tu River, the salinity was 30.1-30.9‰ (Fig. 3-3). The estuaries of Yang-tz Brook, Yuanlin drainage canal and Mai-hsu Brook, however, were influenced more intensively by river water, at salinities between 25.3-30.5‰ and 23.9-30.7‰, respectively.

(2) In the dry season, the waters along the entire coast of central Taiwan had salinities over 30‰ (Figs. 3-4 and 3-5), indicating that there was little river water flowing into the coastal area.

Except for the north estuary of Ta-tu River, the coast of central Taiwan was not heavily polluted in the rainy season. Coastal pollution in the dry season was even lighter than that in the rainy season. Only at the first heavy rain which brought the pollutants concentrated on the river beds to the estuaries, was the coastal area heavily polluted (Table 3-1). The mortality of clam cultured along the coast was counted before and after the first heavy rain. After statistical analysis, it was found that the mortality of clam increased significantly after the first heavy rain, and that there was no correlation between density of clam and the mortality of shellfishes (Tables 3-2 to 3-5).

Based on these data, the following conclusion is reached: river pollution in central Taiwan not only killed the river fish, but also caused the shellfish cultured along the coast to suffer high mortality.

As mentioned above, in some parts of the river fish still live, although they are of little food value. These fishes are good indicators of the degree of heavy metal contamination of river water. Fishes and shellfishes of 17 species from Ta-tu River were analyzed for concentrations of mercury, cadmium, copper, nickel, lead and zinc (Table 4-1). Because the mercury concentration in the shrimp and fishes caught down the Ta-tu bridge was higher than those caught upstream, it is concluded that the river is polluted by mercury down the bridge (Table 4-2). Since the mercury content in the fishes is not above the permitted levels set by many countries and people seldom catch fish from the river for food, there is no immediate hazard to health. However, measures must be taken before pollution becomes worse and widespread.

# 第一篇 緒 言

## Chapter 1 Introduction

### I 臺灣中部地區河川之今昔

臺灣中部地區，包括臺中、彰化、雲林等地，是本省農業及養殖漁業中心之一。不論在農業，或在養殖漁業，水質皆為一項非常重要的影響因素。臺灣的中部，有許多河川，稍北的有大安溪、大甲溪、烏溪以迄於較南的濁水溪等。這些溪流皆由東往西流，而進入臺灣海峽。在臺灣中部，灌溉農田之主要水源，係來自河水，所以自古以來，各地建有許多圳道，或水閘，引取河水以供灌溉。歷史最悠久之彰化八堡圳，已有二百六十餘年之歷史了。此等河川，不但可供灌溉農田，且為魚類繁殖，生產之良好場所。河中盛產各種魚蝦<sup>(1)</sup>，鄉民多捕以食用。河口附近的海岸，為平坦遼闊的沙灘，因為有陸上河川帶來豐富的營養鹽類，乃形成良好的貝類養殖場所。漁民在此養殖牡蠣及蛤蜊等貝類，收穫極豐。此等貝類養殖地區，久者已逾百年以上。

臺灣中部地區的河川水源，不但孕育了農田稻作，而且使養殖漁業蓬勃發達，實乃此地區最寶貴資源之一。但是，近年來由於工業發達，人口集中城市，這些河川的水質已經開始受到嚴重的破壞，河川的景觀也產生了鉅大的改變。

彰化縣最大的農業灌溉圳道之一，係員林大排水。該圳道起自員林，終於鹿港，全長 29 公里，完工於民國四十六年。為了儲蓄水源，引水進入灌溉圳道，員林大排水在彰化埔心鄉梧鳳村旁，建有一水閘，名為埔鹽埤制水閘，這個水閘上游有一柳溝橋，橋旁築有亭臺，柳絲低垂，景色優美。兩岸堤上，種植着整齊的樹木，到了春天，野花遍開，真是賞心悅目。彰化農田水利會工作站即建於埔鹽制水閘旁，在此工作站服務十多年的賴日老先生，描述民國 59 年以前該地之景況為：「那時水閘上方的埤中，魚兒可多極了，經常有近百左右的遊人，夾岸垂釣，河中的草魚、鯪魚和鯉魚都非常大。甚至還有觀光客慕名來遊呢！」但是，從民國 61 年開始，垂釣的人不再來了，因為所有魚兒都已死去。在秋天及冬天，水埤之上方至柳條溝附近，長滿了密密麻麻的水蓮花，整個河水變成黑色，再也沒有遊人來此遊玩。賴日老先生說：「以前這兒附近的孩子常常到埤中划船、游水。但是，如今不要說是划船，連靠近埤邊，都不能久停，因為水太臭了。孩子們連遊玩的地方都沒有了，真是可憐！」到了春天，路邊的花兒雖然照開，但是曾經名盛一時的埔鹽埤却已經變成寂靜的水埤，毫無生氣。

現在臺灣中部的河流，不但在中、上游的埤中找不到魚跡，連下游靠近河口的地方也沒有魚蝦的蹤影。為調查大肚溪中魚貝類受重金屬污染情形，筆者等曾經試圖自大肚溪捕撈魚蝦。但是在彰化中寮里以下河段，不管是用魚鈎垂釣，或是用漁網拖曳，整年都無法捕到魚。大肚溪在中寮里以下，事實上已成爲死河了。

## II 中部海岸地區養殖貝類之大量死亡

臺灣中部地區係本省淺海養殖事業極為重要地區。例如在民國六十三年，彰化縣淺海養殖之生產數量為 9,340 公噸，佔該年全省總產量之 31.8%，生產值為新臺幣二億八千萬元，為全省之 33%<sup>(2)</sup>。在中部地區的海岸，較淺的地方漁民係利用來養殖文蛤 *Meretrix lusoria*。較深之沙灘，則用以養殖牡蠣 *Crassostrea gigas*。嘉義、雲林交界處因附近之海岸水較深，故養殖方式大多已用垂吊式。彰化之海岸地區沙灘較淺，不適垂吊，故以平吊方式（水平式）養殖者居多。少數地區亦偶有以插竹式養殖。除了大肚溪河口附近，因河水污濁，已無人養殖外，目前幾乎每一塊可利用的海灘，都有人在養殖牡蠣或文蛤。

如同嘉義、雲林地區，臺灣中部地區之淺海養殖貝類亦於近年發生大量死亡事件，據民國五十九年，漁業局林茂春先生參加臺中梧棲漁民座談會，謂<sup>(3)</sup>：「梧棲漁民養殖牡蠣、蛤蜊工作已逾百年，唯從未有遇毒斃情形。然近二、三年來，工業發達後，始漸有毒斃情事發生，而本年即全面遭殃，情況空前嚴重，以防坡堤外之幼蚵損害約八成以上；防坡堤內老蚵，因較具抵抗力，仍損害三、四成。據初步估計，僅臺中港區損失牡蠣約五百公頃，值新臺幣五百萬元；蛤蜊約二百公頃，值新臺幣二百萬元。」又稱：「本五十九年四月底，五月初間，漁民出海作業，於沿海一帶並未發現紅潮現象，而倒見灰棕色略帶油脂狀之污水瀰漫蚵田，往而所謂紅潮受害云云，未盛可靠，而工業污水之為害反言之鑿鑿。」

彰化鹿港區漁會輔導組劉健元先生，對淺海養殖夙有研究，且有詳細記錄近三、四年來牡蠣、文蛤養殖概況，據其個人觀察，記錄稱<sup>(4)</sup>：「貝類死亡期間以春季及初夏為主。死亡時，情況為：(1)小潮期。(2)多以風靜浪平時。(3)春季初降雨後，河川水之排泄。(4)河川之小魚先發生死亡。(5)海水濃度較淡。」「貝類發生死亡地點，似有固定位置（靠近陸上河川排水地區）較易發生。」

綜合上述漁會及漁民觀察、記錄，臺中、彰化地區養殖貝類每年春季及初夏之大量死亡，似乎皆由於「工業廢水」而起。在嘉義、雲林地區，淺海養殖貝類之大量死亡，經鄭等之研究<sup>(5,6)</sup>，已知係由河川污染而起。臺灣中部河川之水質，除中興大學<sup>(7)</sup>以規劃污水下水道系統及設計污水處理設備，及「以大肚溪入海口段做為污水放流承受水體之可行性」而進行之「臺中港特定區工廠廢水及河川污染調查」外，似乎並無此地區整年之水質資料。彰化、臺中地區，以濁水溪與雲林、嘉義分界，鄭等在雲林、嘉義研究所得「貝類之死亡乃由於工業廢水而來」之結論，是否能完全適用於彰化、臺中地區，尚缺科學之探討。

## III 研究目的

綜合上述，臺灣中部地區河川，似乎已經受到非常嚴重的人為污染。為知此等河川之確實現況，及其對魚貝類之影響，乃擬定本研究計劃。其目的有三：

1. 調查臺灣中部地區河川之基本水質及其污染狀況，以為漁、農、及工業之參考，並為今後防治之基本資料。
2. 研討此等河水對淺海養殖貝類之影響，以明臺中、彰化地區養殖貝類死亡與河川水質污染是否確實有關係。
3. 分析此等溪流中魚貝類之重金屬含量是否過量，以明水中重金屬污染之概況。

由前後三年（1974年，1975~1976年）之調查與研究，筆者等已知臺灣中部河川之詳細水質，其經年變化；並發現此等河川之水質污染為沿海養殖貝類大量死亡之主要原因。此外，並得知大肚溪已受汞之污染，其中之魚貝類含有較正常為多之汞。以下謹詳細報告之。

#### IV 本篇參考文獻

1. Oshima, M. (大島正滿) 1919 : Contribution to the study of fresh water fishes of the island of Formosa. Ann. Carneg. Mus, 12 (2-4), 169-328.
2. 漁業局 (1974) : 中華民國臺灣地區漁業年報。
3. 林茂春 (1960) : 私人筆記。
4. 劉健元 (1975) : 私人記錄。
5. 鄭森雄 (1975) : 臺灣西南部河川水質污染與養殖貝類之大量死亡。臺灣水產學會刊 4 卷 1 期, 51~71。
6. 鄭森雄、陳松堅 (1975) : 朴子溪河水之急毒性與養殖貝類之大量死亡。臺灣水產學會刊 4 卷 1 期, 73~83。
7. 陳秋陽 (1973) : 臺中港特定區工廠廢水及河川污染調查之研究。國立中興大學土木工程系, 1~2 頁。

## 第二篇 臺灣中部河川之水質及其對魚類之影響

### Chapter 2. Water quality in rivers of central Taiwan and its effect on fish

#### I 緒 言

臺灣中部地區之河川，雖然包括有：大甲溪、烏溪（下游為大肚溪）、洋厝溪、員林大排水、麥寮溪及濁水溪等溪流；但是大甲溪自達見水庫以下無大型工廠之廢水排入或都市污水之滙流。目前到水質仍未受到嚴重污染之威脅<sup>(1)</sup>。在大肚溪以北，臺中港附近大排水溝之水質，已經中興大學詳細調查<sup>(1)</sup>，故本研究主要調查河川係大肚溪、洋厝溪、員林大排水、麥寮溪及濁水溪。

#### II 實 驗 方 法

##### 一、採樣地點：

本研究之採樣地點如 Fig. 2-1 所示：

##### (1)大肚溪：

大肚溪係指烏溪流域在大肚橋以下部份。烏溪流域發源自中央山脈合歡山西麓，其幹流滙合了貓羅溪、大里溪、旱溪、筏子溪後，經大肚橋而流向臺灣海峽；烏溪流域在大肚橋以下，俗稱大肚溪。

如 Fig. 2-1 與 Fig. 2-4 所示，本實驗在大肚溪上共設六個採樣站，另外，亦由臺灣化學纖維公司（臺化公司）綜合廢水排水溝採樣。

T6，烏溪橋：本採樣站為烏溪幹流自山區進入盆地後之河水，距河口約 32 公里。

T5，大肚橋南岸：本站係採大肚橋南岸支流之河水。此河水主要來自貓羅溪與烏溪幹流。有部份河水被引入灌溉圳道「福馬圳」。此水因貓羅溪之滙入，水質已不如烏溪上游，因貓羅溪沿岸有鄉鎮存在，接受不少家庭污水。

T4，大肚橋北岸：本站係採大肚橋北岸支流之河水。此河水係來自大里溪、旱溪、筏子溪。沿岸有眾多工廠，將廢水排入河中，亦承受不少臺中市附近之家庭污水。在雨季期間，上述諸溪之水直接流入此處；在乾季，則大部份河水被引入南岸流，供福馬圳灌溉用，故流入此處的河水極少。只有永豐原紙廠、王田毛紡廠、興農化工廠等廢水進入。

T3，上中寮里：本採樣點位於距臺化公司排水口上游約五百公尺。代表大肚溪河水自大肚橋以下，流至該點之水質。

T2，下中寮里：本採樣點位於距臺化公司排水口下游約五百公尺。代表大肚溪河水受臺化廢水影響後之水質。

T1，海埔村：離河口約二公里，是大肚溪感潮水段河水。

TC，臺化綜合廢水溝：本採樣站係臺化公司，在中寮里廢水溝表層之廢水。

##### (2)洋厝溪：

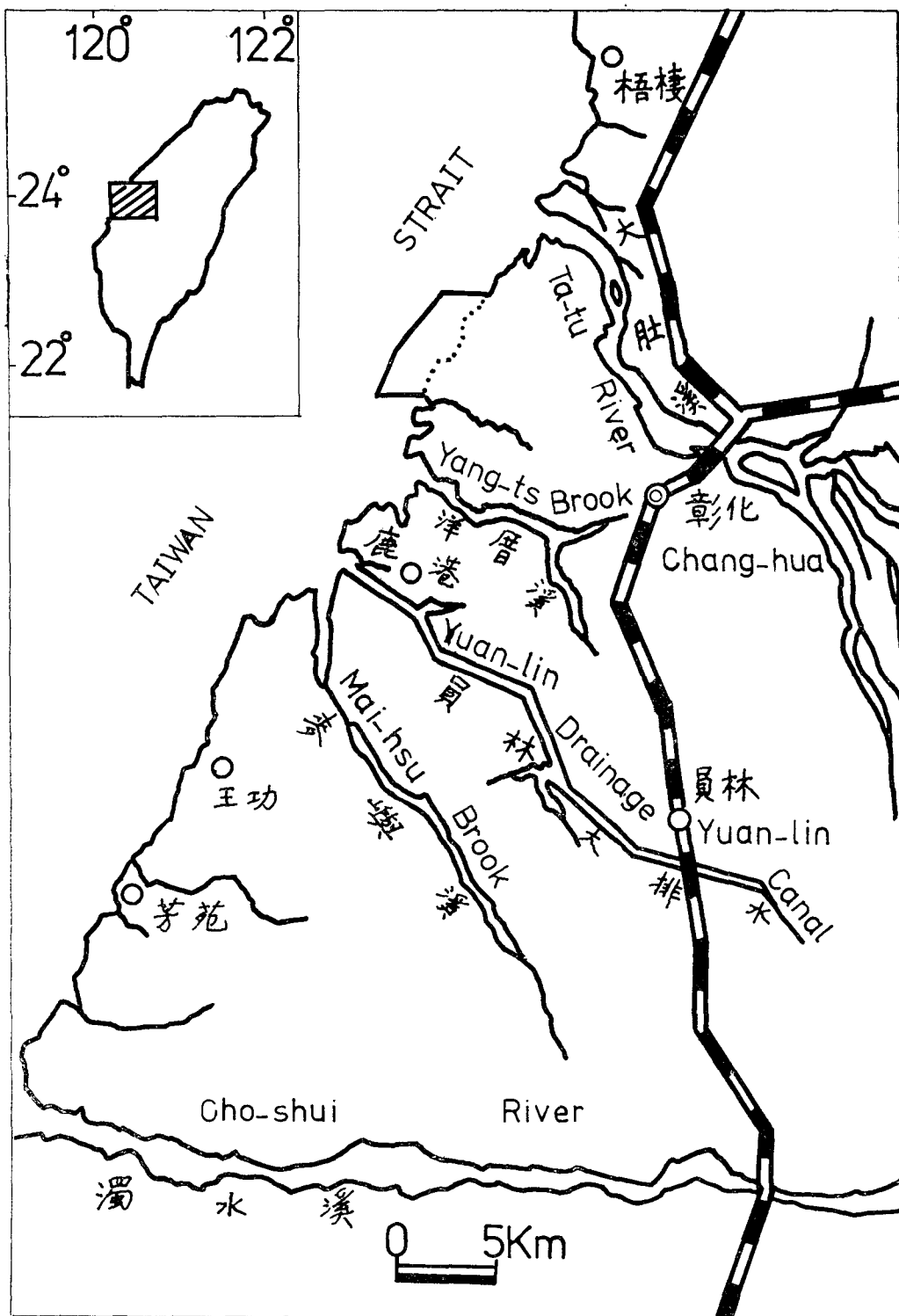


Fig. 2-1. Map showing central coastal area of Taiwan.



洋厝溪係一小溪，其上游係青埔溪與秀水溪。彰化市都市污水與工廠廢水，除部份流至大肚溪外，大部份流至洋厝溪。此溪共採樣三站。

Y3，青埔橋：青埔溪與秀水溪交會前之橋。代表青埔溪受污染情形，其下有頭汴制水閘。

Y2，秀水橋：代表秀水溪之水質。

Y1，人和橋：代表整個洋厝溪匯合後之水質，此站水質不受潮水影響。

#### (3)員林大排水：

本排水路共採樣三站。

L3，義民橋：位於員林鎮旁，代表員林鎮污水進入員林大排水最初之水質。

L2，埔鹽埤：位於梧鳳村旁之水埤，建於民國 49 年，係供農田灌溉用。員林附近之污水，在乾季，流至此水閘後，因水被圍住，供灌溉用，故極不易往下流。

L1，福鹿橋：在鹿港鎮附近，此橋以下尚有鹿港制水閘，故此站雖近海邊，但其中之水純由上游流下，海水不能上溯。

#### (4)麥嶼溪：

麥嶼溪亦稱濁水溪，上游除田中鎮、北斗鎮外，並無其他大城鎮。本溪共採樣三站。

M3，中寮橋：在北斗附近，代表麥嶼溪之上游。

M2，鹿島橋：位於溪湖鎮旁。

M1，麥嶼寮橋：麥嶼溪之下游，受潮水影響。

#### (5)濁水溪：

CY，彰雲大橋下：濁水溪為本省第一大溪，為知濁水溪原有水質，乃自其上游彰雲大橋下採水，以供分析。

### 二、採樣方法：

有橋之採樣站，係以水桶自橋上垂下，採取河川流心之表層水，其他無橋之站係採離岸邊約 50 公分之表層河水。

### 三、水質測定項目及分析方法：

(1)在現場直接分析之水質項目：氣溫、水溫、pH、溶解氧 (dissolved oxygen, DO)，比導電 (conductivity)。

(2)實驗室測定項目：化學需氧量 (chemical oxygen demand, COD)，胺態氮 (ammonia nitrogen,  $\text{NH}_4\text{-N}$ )，氯離子 (chloride,  $\text{Cl}^-$ )，硫酸根離子 (sulfate,  $\text{SO}_4^{2-}$ )，鹼度 (alkalinity)，矽土 (silica)，鈣 (Ca) 與鎂 (Mg)，鈉 (Na) 與鉀 (K)。過濾殘渣 (filtrable residue, F-Re)，及全殘渣 (total residue, T-Re)。

以上水質項目之分析，皆同鄭<sup>(2)</sup>所用之方法。

### 四、生物檢定：

#### (1)生物檢定用試水：

將現場採樣所得之試水，分取部份，供做生物檢定用。稀釋用水，係取南投永豐里地方，自宅附近之泉水。此水經預備試驗，知其無急性毒性。平時試驗用魚，即飼養於上述自宅之魚池中。

#### (2)生物檢定用試魚：

生物檢定用試魚，係省水產試驗所竹北及鹿港分所贈送之吳郭魚，大小約 1-3 公分。平常係飼養於上述自宅魚池，實驗前，將試魚先在室內馴化二週，再做生物檢定。

#### (3)生物檢定方法：

以 Doudoroff 等生物檢定法<sup>(3)</sup>檢定試水的急性毒性。

### III 實驗結果

由 1975 年 7 月起，至 1976 年 5 月止，在大肚溪、洋厝溪、員林大排水、麥嶼溪與濁水溪等溪流，共進行了十次水質調查，其詳細結果如 Appendix 2-1 至 2-7 所示。整體概要則如下所述。

#### 一、臺灣中部之氣象：

臺灣中部之氣候為夏季多雨，冬季乾旱型。以臺中市為例，其整年雨量之變化如 Fig. 2-2 所示<sup>(10)</sup>，在夏季至秋季之間，雨量常在 80 至 100 mm 以上；在冬季則常在 20 mm 以下。與此相等地，在六至十月間中部地區河川之水量非常充沛；在十一月至二、三月間，則河床乾涸，處處露出砂石。以大肚溪為例，其整年水流之變化如 Fig. 2-3（臺灣省水利局資料）所示。由此圖可見，在臺灣中部，乾季與雨季，河水流量之差別極大。

#### 二、臺灣中部河川之外觀：

##### (1) 雨季：

在雨季，臺灣中部溪流之河水經常蓋滿河床，水面最寬處，有達一、二百公尺者。因為上游沖下不少泥砂，不論是大肚溪、洋厝溪、員林大排水或麥寮溪，河水大多呈混濁土砂色。除少數河段外，單單觀察河水的顏色，不能知道河川是否已經受到污染。但是在較大工廠廢水排出口附近，却仍能看出河水變色之情形。例如大肚溪之 St. T2 (Fig. 2-1 及 Fig. 2-4，臺灣化學纖維公司廢水入口處) 附近之河水，即有半邊呈紅色，空中有刺激性臭味。大肚溪河口附近之 St. T1 (Fig. 2-1 及 Fig. 2-4，大肚紙廠廢水入口處)，河水有一長片係呈土褐色。

##### (2) 乾季：

在乾季，臺灣中部河川之整個景觀大變，在河川上游，水色清澄，但水深多在十數公分以下，幾可見底。因河水量寡，在河川之中、下游，農民乃以砂石圍堵河床，以將河水引入圳道。在烏溪流域，上游之水流至大肚溪橋附近，大部份被引入南岸之福馬圳。因此，大肚橋北岸 (St. T4, Fig. 2-4) 少有河水流進，整個河床有一半露出底土。工廠排出之廢水使得河水變成黑褐色，並有臭味。大肚溪在 St. T3 下方，又有砂石圍住河水，此乃臺化公司用以儲水，並以抽水站抽水至彰化，供該公司使用。經砂石圍堵及抽水後 St. T3 以下河段，只剩下涓涓細流。在臺化公司抽水站以下約 500 公尺處，有該公司大排水溝，由河邊將廢水排入大肚溪 (St. T2)，由於上游流下之水甚少，故整個河床皆為該公司廢水瀰漫，其色紅褐，並有甚多泡沫。此種廢水帶有濃厚刺激臭味，幾乎使人不能忍受。在 St. T2 稍下處，有採石公司採取砂石，河床被挖得滿目瘡痍，不是堆石，就是凹地，此等窪地並沉積有油脂狀黑色污泥，靠近河口之大肚溪鄉汴子頭附近 (St. T1)，有大肚紙廠廢水，經農田排水溝進入大肚溪，此處之河面寬廣，河水烏黑，漲潮時，河水中含有許多懸浮物。在乾季，僅由外觀，即可看出大肚溪已經受到嚴重之污染。

大肚溪以外的溪流，如洋厝溪、員林大排水、麥嶼溪與農田灌溉關係密切。自古以來，此等溪流中間多數建有埤或水閘。在乾季時，水閘乃緊閉不開，以便引水入灌溉圳道。但今日此等水閘附近已成污物堆積站，水色大多呈墨綠以至墨黑色。並時時有氣泡由水底浮上。由水閘流下之水，常飛起泡沫。在乾季時，這些水閘之上方，漫生水蓮花，多時甚至將整個水面全部蓋住。其中最明顯之例如第一篇所述，員林大排水在梧鳳村附近之埔鹽埤 (St. L2, Fig. 2-1 及 Fig. 2-4)，此埤現在已經成爲一污水潭，毫無魚跡。

#### 三、臺灣中部河川上游之水質：

臺灣中部河川原有之水質，可以濁水溪彰雲大橋 (St. CY) 與烏溪橋 (St. T6) 之河水表示 (Table 2-1)。如將此水質與朴子溪原有水質<sup>(9)</sup>及世界各河川之平均水質<sup>(9)</sup>比較，可以知道此等河川與世界其他地方之水質大致類似。其中稍爲特殊者，爲 Mg 及 SO<sub>4</sub> 之含量較高，分別爲 54~

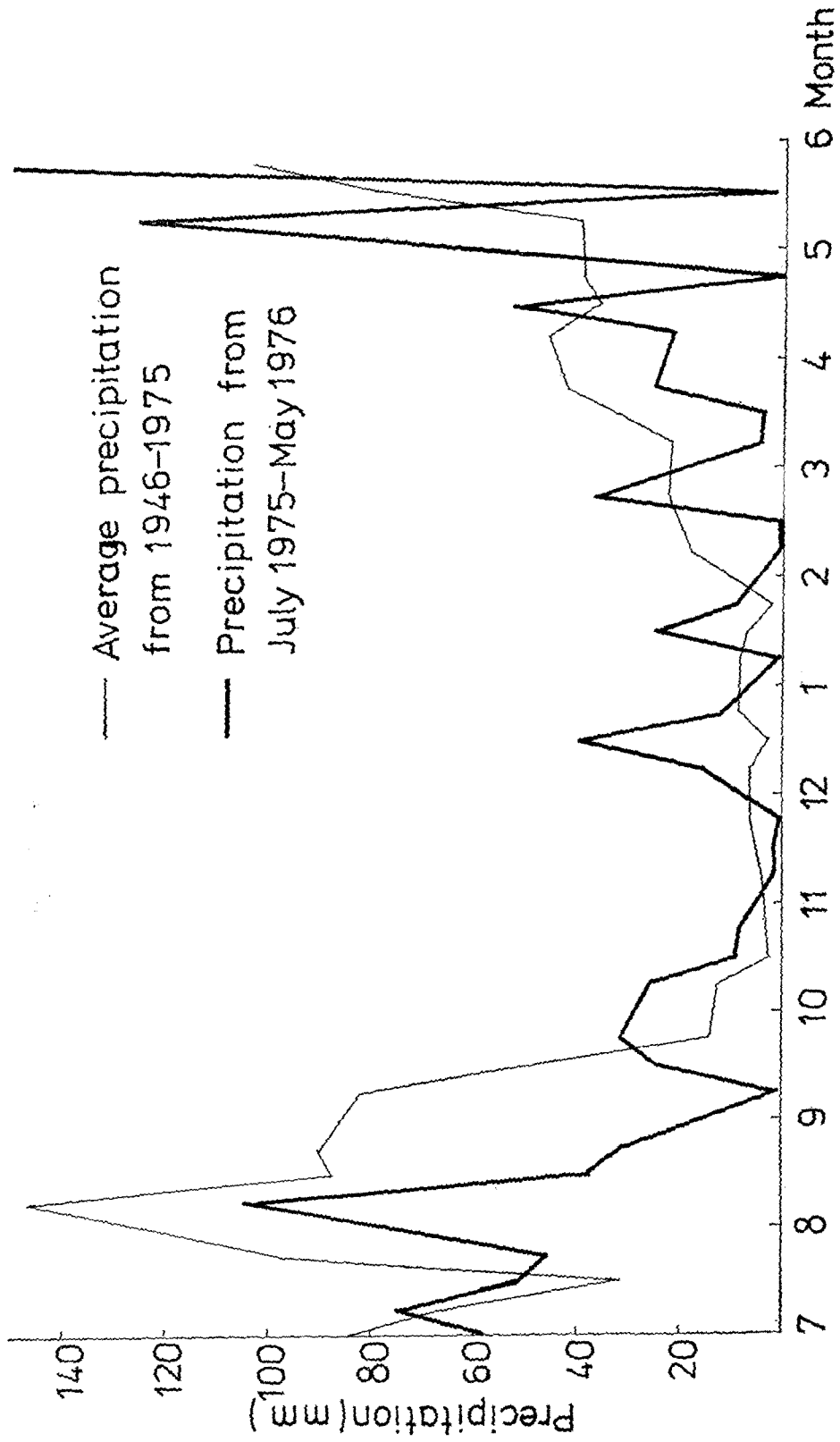


Fig. 2-2. Seasonal precipitation at Taichung.

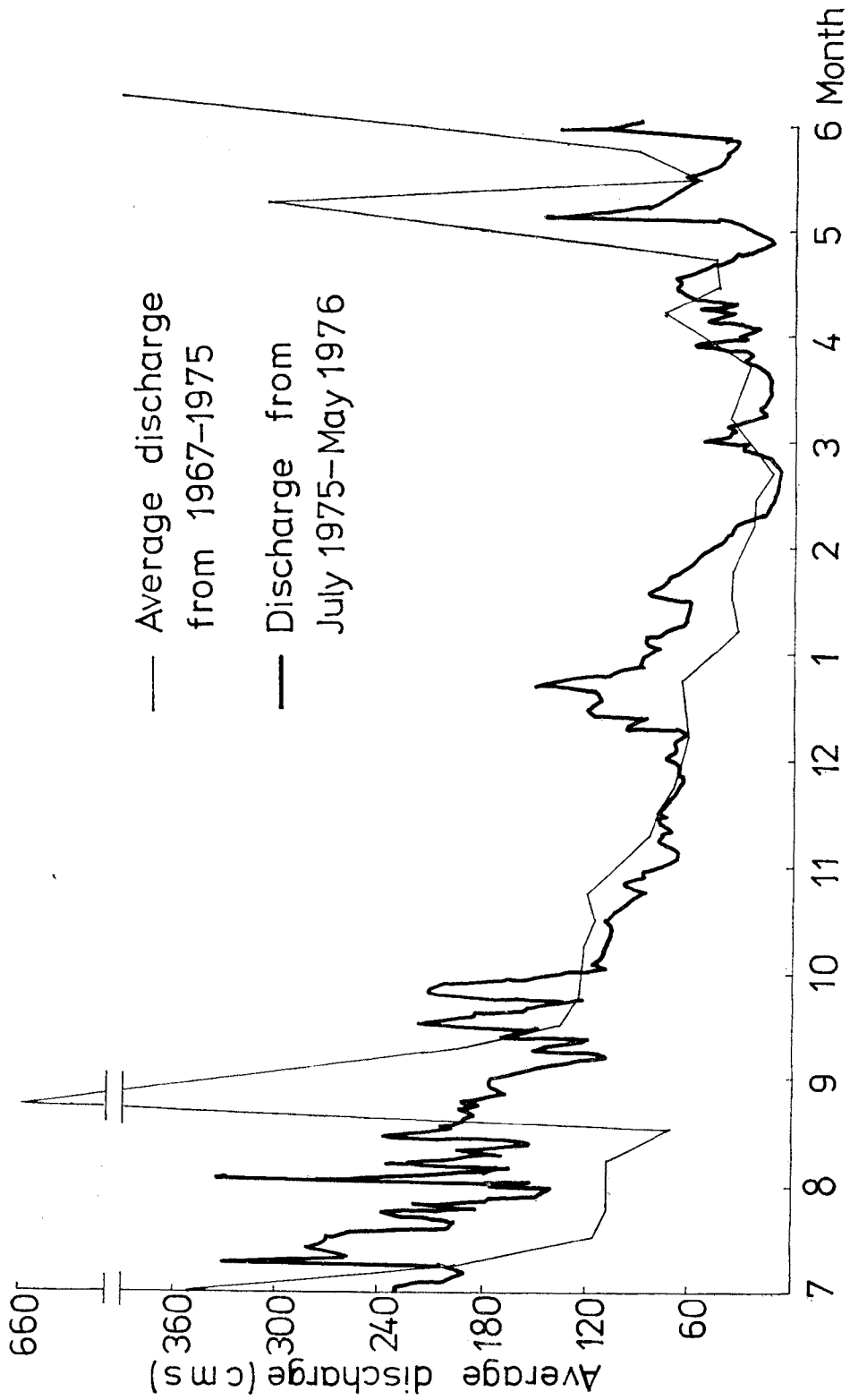


Fig. 2-3. Seasonal discharge at Ta-tu bridge (St. T4).

135 mg/l 及 30~106 mg/l；外國河川 Mg 之平均含量只在 10 mg/l 以下，SO<sub>4</sub> 為 24 mg/l 以下。河川中 SO<sub>4</sub> 含量較高，似為臺灣之特質<sup>(6)</sup>。

Table 2-1. The original river water quality of Cho-shui River and Ta-tu River.

(a) Cho-shui River (at Chung-Yuan Bridge, St. CY)

Sampling date	Item	COD	pH	NH <sub>4</sub> -N	Cl	SO <sub>4</sub>	alkalinity	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	K
		(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1975. 8. 22		30.0		0.9	7	30	90	12.0	13	92	16	
1975. 9. 16		14.7	8.0	<1.0		34	115	16.0	25	135	7	1.5
1976. 1. 27		9.7	8.0	0	11	106	132	14.0	140	82	8	1.7

(b) Ta-tu River (at Wu-River Bridge, St. T6)

Sampling date	Item	COD	pH	NH <sub>4</sub> -N	Cl	SO <sub>4</sub>	alkalinity	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	K
		(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1976. 2. 29		2.3	7.3	0.2	16	90	75	4.8	126	54	12	4.4

#### 四、臺灣中部河川 COD 之季節變化：

由實驗得知，臺灣中部地區河川化學需氧量 (COD) 之季節變化為：

在雨季，員林大排水及麥嶼溪之 COD 大致低於 10 ppm，故可知此二溪在雨季之污染不重。然而，大肚溪與洋厝溪之 COD，即使在雨季，仍高於十數 ppm 以上，尤以大肚溪數值更高。因此，可知此溪之污染較重。

在乾季，則整個中部地區之河川，除麥嶼溪外，COD 大量增加。此可由 Fig. 2-4 得知，即大肚溪從大肚溪橋以下，工廠排出之有機物極多。洋厝溪及員林大排水則以中、上游之污染較為嚴重。

此等河川 COD 整年之變化，可以大肚溪大肚溪橋下 (St. T4) 為例來表示 (Fig. 2-5)。由此圖可知在雨季，COD 含量在 30 ppm 以下；乾季則大升，至乾季末期之 4 月 28 日，COD 之量已升至 2240 ppm。1976 年 5 月 4~5 日初下大雨，COD 即降至 50 ppm。由此可知大部份之污染物質已被一次沖下。

#### 五、臺灣中部河川溶解氧之季節變化：

臺灣中部河川之溶解氧，在雨季時，其值幾乎皆大於 5 ppm，即使污染最重之大肚溪也是如此。其理由可能因在雨季，河水流速較快，流量較多，使氧氣較易溶於水中；此外因水流較快，在污染物質尚未大量消耗水中之氧氣時已被流走，所以雖然某些河流污染物質甚多，但溶氧仍然不低。

然而，在乾季之時，則各河川之溶解氧下降，尤以洋厝溪及員林大排水之上游為甚，此可由 Fig. 2-6 示之。麥嶼溪河水之溶解氧整年皆在 5 ppm 以上，由此可知，此溪受到污染極少。

#### 六、臺灣中部地區河水之 pH 與胺態氮：

##### (1) pH：

臺灣中部地區河水之 pH 經歸納後如 Table 2-2。由該表可知中部地區河水之 pH 大致為微鹼性。由調查結果 (Appendix 2-7) 亦得知大肚溪之 T2 站 (臺化公司排水口下方) 河水，在雨季時其 pH 值即常在 4 左右；在乾季時，更下降為 2~3 間。

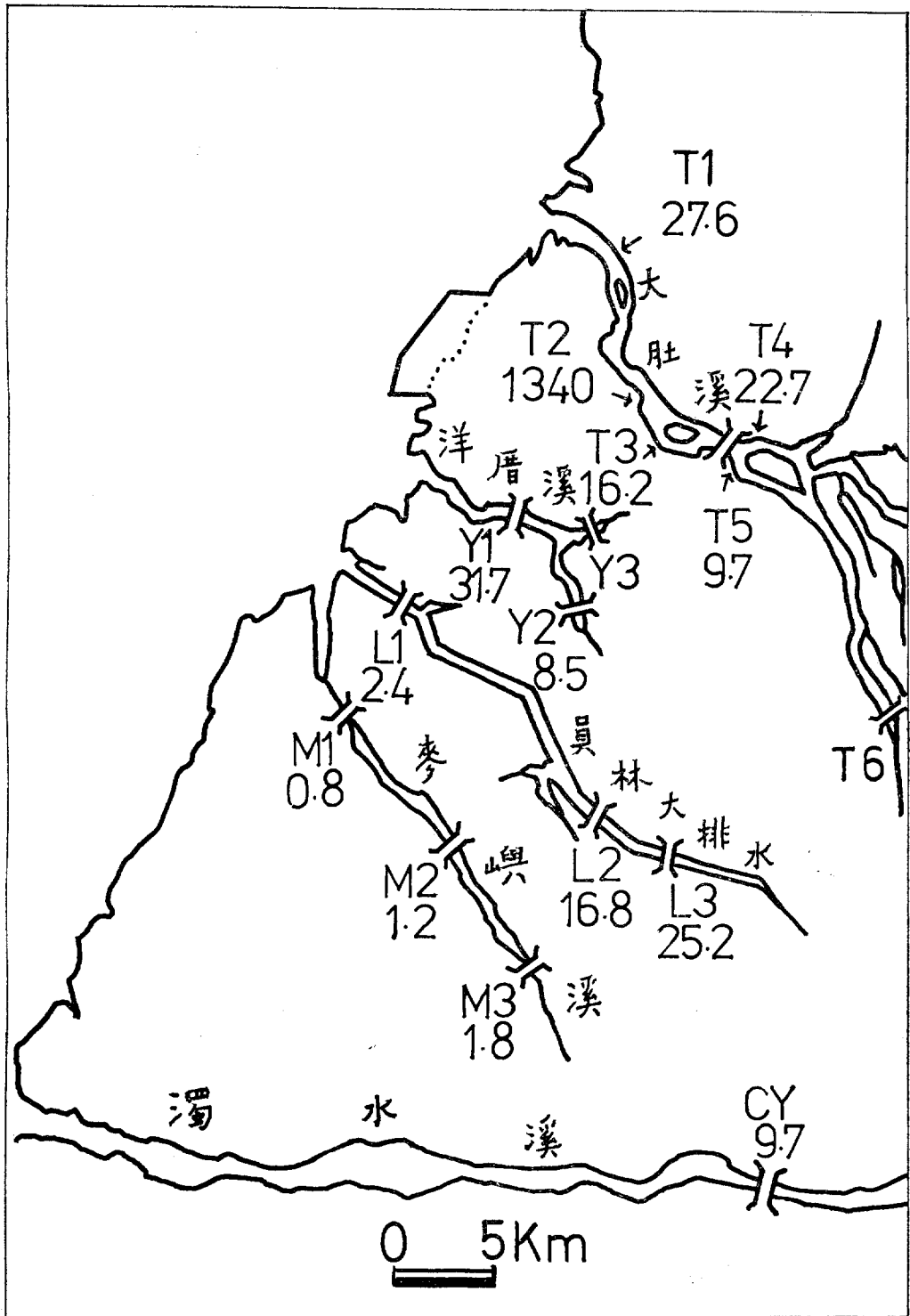


Fig. 2-4. Chemical oxygen demand (ppm) in rivers of central Taiwan on Jan. 27, 1976 (refer to Fig. 2-1).

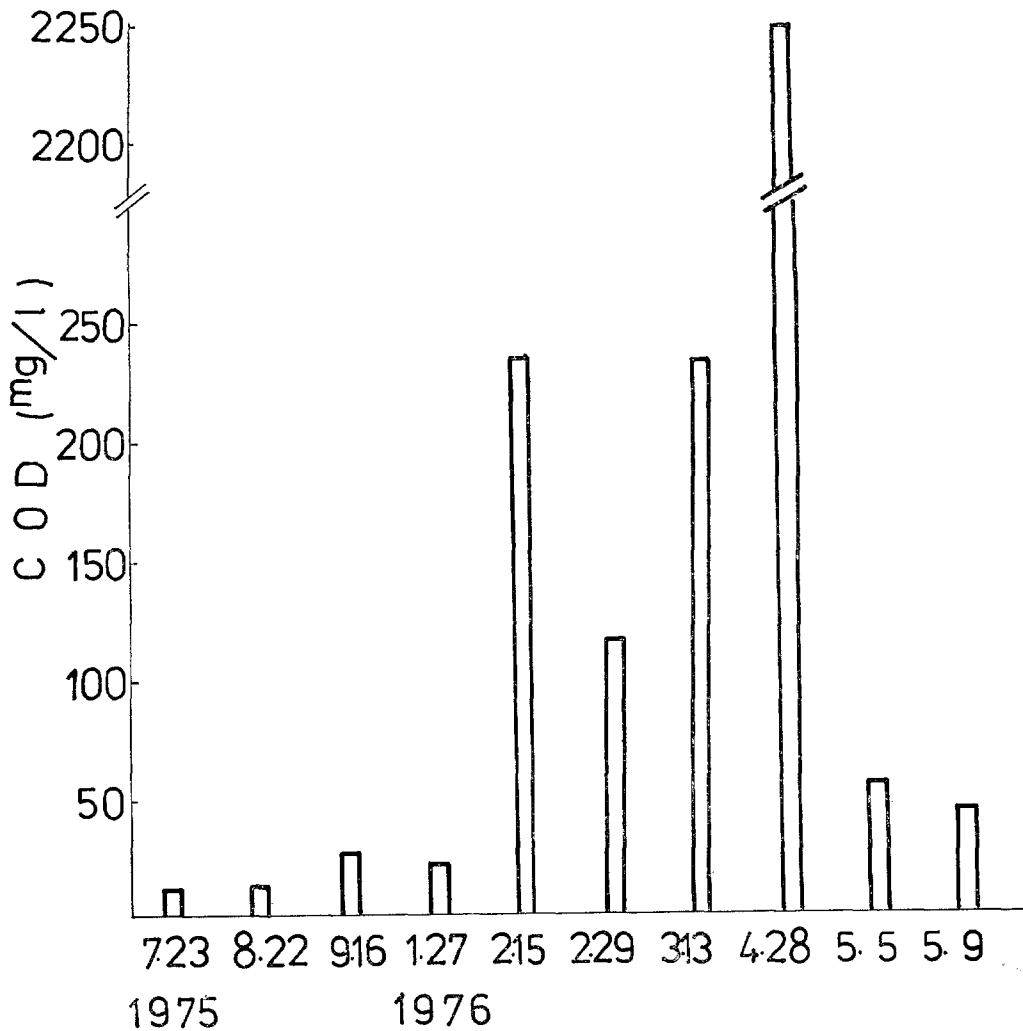


Fig. 2-5. Seasonal variation of COD at St. T4 of Ta-tu River.

(2) 胺態氮：

由實驗結果，知大肚溪與洋厝溪，即使在雨季，其胺態氮之含量亦常常大於 1 ppm。在最乾旱之二月，洋厝溪之胺態氮竟達 4~6 ppm。然而，麥嶼溪之胺態氮整年約在 1 ppm 以下。

七、臺灣中部地區河水之其他水質：

臺灣中部河川，其他水質項目之污染以 Cl, SO<sub>4</sub>, Na 等較為嚴重。

由 Table 2-1 可知濁水溪彰雲大橋下及烏溪橋下水樣之 Cl，約在 10 mg/l 左右，此與世界各地河川之平均值相近<sup>(5)</sup>。然而洋厝溪之下游（人和橋，St. Y1）不論是雨季或乾季，(Appendix 2-2, b, 及 Appendix 2-4, b)，其值皆在 40 或 50 mg/l 以上，員林大排水 (St. L1, L2, L3)，則在乾季時，其 Cl 亦增至 40 或 50 mg/l 左右 (Appendix 2-4, b)。大肚溪則以臺化公司下游 (St. T2) 以下河段之 Cl 較高，其值在 305-990 mg/l；此河段不僅 Cl 高，SO<sub>4</sub> 含量亦多，其值在 467~1020 mg/l。

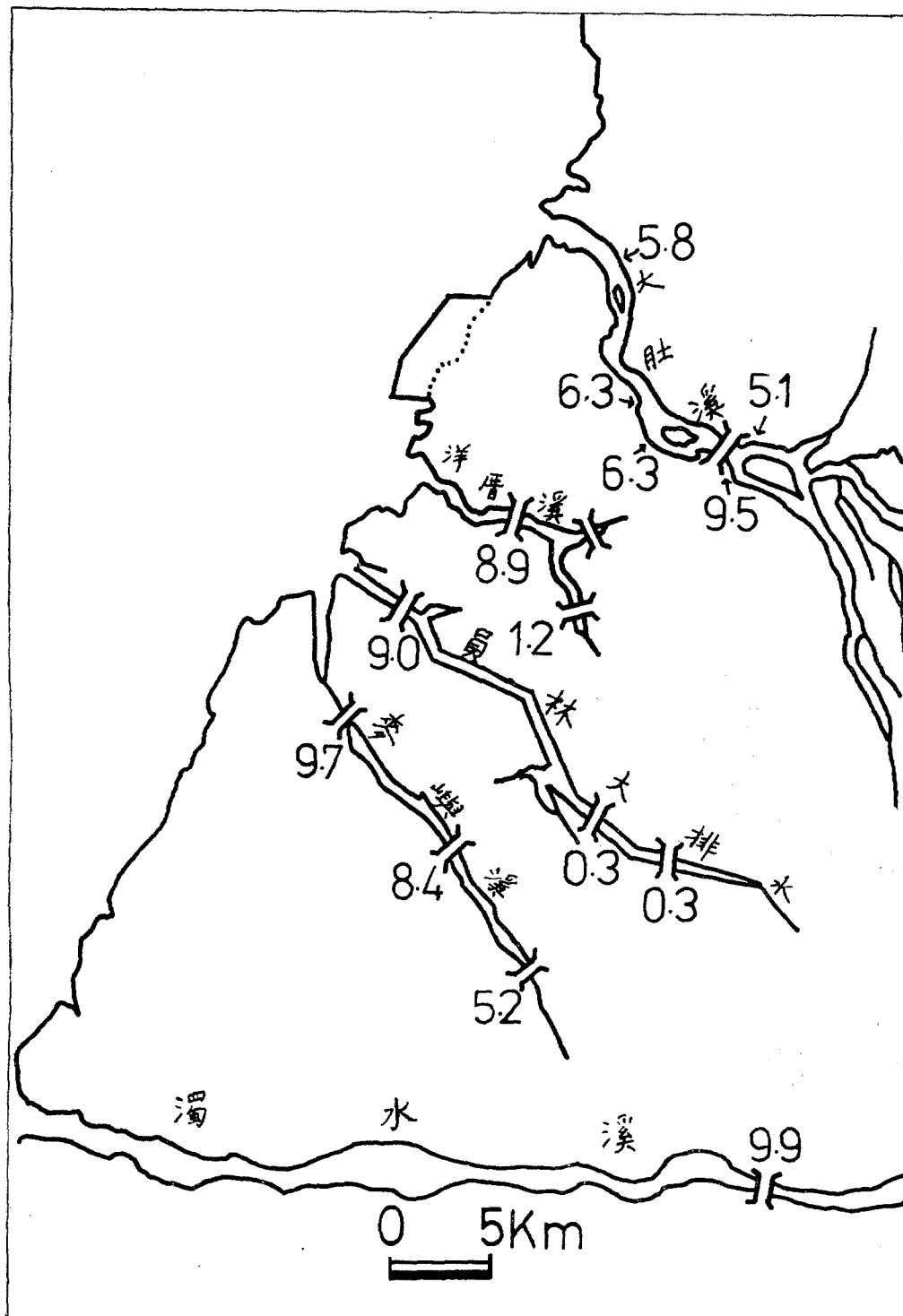


Fig. 2-6. Dissolved oxygen (ppm) in rivers of central Taiwan on Jan. 27, 1976 (refer to Fig. 2-1).



Table 2-2. pH values of stream waters in central Taiwan.

Stream	Sampling station	Sampling date				
		1975. 8. 22	1975. 9. 16	1976. 1. 27	1976. 2. 15	1976. 5. 9
Ta-tu River (大肚溪)	T5	6.8	8.1	8.1	7.4	7.8
	T4	7.3	7.9	7.8	7.5	7.8
	T3	6.6	7.4	6.8	7.4	7.4
Yang-ts Brook (洋厝溪)	Y3				7.0	
	Y2	7.3	6.9	6.8	7.5	
	Y1	7.2	7.1	7.8	7.2	
Yuan-lin Drainage Canal (員林排水路)	L3		7.5	7.4	7.5	7.5
	L2			7.6		7.4
	L1	7.2	8.0	7.5	7.3	7.3
Mai-hsu Brook (麥嶼溪)	M3	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6
	M2	7.5	7.7	7.6	7.1	7.1
	M1	7.4	7.8	7.7	7.4	7.4
Cho-shu River (濁水溪)	CY		7.9	8.0	8.3	8.3

陽離子中，則以 Na 之污染較為嚴重，例如大肚溪下游、洋厝溪、員林大排水，均有較河川上游為多的 Na 存在。Na 與 Cl 之增加，代表人為污染。此污染可能來自家庭污水或工業廢水中之鹽。大肚溪之 Na 亦可能來自工廠廢水中之氫氧化鈉。

麥嶼溪之水質，由前述 COD, DO,  $\text{NH}_4\text{-N}$  及 Cl 等數字看來，只有受到輕微污染，但此溪之  $\text{SO}_4$  在雨季為 136~200 mg/l (1972 年 8 月 22 日)，在乾季 (1976 年 1 月 27 日) 為 157~208 mg/l，乾雨季相差甚小，此高含量之  $\text{SO}_4$  似乎不由污染而來，很可能為麥嶼溪之特質。

#### 八、臺灣中部地區河川水之急性毒性：

為知臺灣中部地區河川水是否含有急性毒物，乃行生物檢定，其結果如下：

##### (1) 大肚溪：

在 1975 年 7 月 23 日，8 月 22 日，9 月 16 日，1976 年 1 月 27 日，2 月 15 日，2 月 29 日，共行六次生物檢定。結果得知：

(a) St. T2 (臺化公司排水口下) 之河水含有強烈毒性，如 Table 2-3 所示。在河水量豐之 8-9 月，係以河水直接行生物檢定，其對吳郭魚之 96 hr 之 TLm (medium tolerance limit) 約為 25%；在乾季之 1~2 月，因河水量寡，乃推斷工廠廢水排入河川後，受到稀釋程度不高，故以 St. T2 河水之 25% 稀釋水行生物檢定。由結果得知：即使稀釋至 25% 之試水，亦使魚在一日內全部死亡。在同一季節，此站河水之毒性，因採樣日期不同而有差異；其原因可能係工廠排出之廢水，其種類與量不同所致。

(b) 大肚溪其他站之河水，平常之急性毒性不大。然而在水量最少之 1976 年 2 月 15 日，大肚溪橋下之河水 (St. T4) 却有急性毒性，能使試魚在 4 日內死亡一半。

##### (2) 其他河川 (洋厝溪、員林大排水、麥嶼溪)：

此等溪流之河水，經生物檢定結果後，發現：

(a) 洋厝溪與麥嶼溪之河水經測定四次，皆無急性毒性。

Table 2-3. Bioassay results of Ta-tu River water at St. T2.

Date	Conc. (% test water by vol.)	No. of test fish	No. of test fish died after			
			24 hr	48 hr	72 hr	96 hr
1975. 7. 23	25%	10	6	6	6	6
1975. 8. 22	100%	20	20			
1975. 9. 16	100%	10	1	3	4	5
1976. 1. 27	25%	15	15			
1976. 2. 15	25%	10	10			
1976. 2. 29	25%	10	10			

Table 2-4. Characteristic of Taiwan Chemical Fiber Company liquid waste.

Item	Sampling date	1975. 7. 23	1975. 8. 22	1975. 9. 16	1976. 1. 27
	Water temp. °C			35.5	31.0
pH		3.7	3.3	6.7	3.0
COD (mg/l)		460	1000	2100	1840
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		17.0	17.5	2.2	24.0
Conductivity (μmho/cm)			2280	2500	3620
SO <sub>4</sub> (mg/l)		860	1020	1560	1700
SiO <sub>2</sub> (mg/l)		32.0	76.0	92.0	108.0
Na (mg/l)		130	410	560	480
K (mg/l)		23.4	8.8	9.7	10.7
Filtrable residue (mg/l)				1720	2260
Total residue (mg/l)				2250	4700

(b)員林大排水：上游 (St. L3) 所採水樣，在雨季雖無毒性，但在乾季之1976年1月27日，其水樣（原液），在一日內能使20尾試魚全死。

由以上結果，可知臺灣中部河川中，大肚溪與員林大排水中皆含有急性毒物。

#### 九、臺化綜合廢水之水質：

臺灣中部地區最大工廠之一為臺灣化學纖維公司，其廢水直接排入大肚溪中寮里 (St. T2 上方)。為知其對大肚溪影響，乃詳細檢驗臺化排水溝廢水之性質，其結果如下所示：

(1)臺化廢水之 pH 大致在3左右，COD 為 460~2100 mg/l，很顯然的此等廢水極端污濁 (Table 2-3)。

(2)經生物檢定後發現，臺化廢水帶有強烈的毒性，對吳郭魚之 TLm 為 6.5%。

(3)臺化廢水之排水量甚大，經測定結果知其流量大致為 0.6 cms。故其廢水不但單位毒性強，整體之影響亦大。

## IV 討 論

由以上實驗結果，可以將臺灣中部河川之特質及工業廢水污染之情況歸納如下：

### 一、多數溪流已受到嚴重污染：

臺灣中部地區河川以大肚溪之污染最為嚴重。大肚溪除受臺中附近都市污水，工廠廢水污染外，亦受大肚橋附近工廠，臺化公司綜合廢水為害。尤以臺化公司廢水量多，帶有強酸性，其排水口以下河段，已經終年無魚，只有在臺化公司取水口 (St. T3) 以上河段才有魚蝦。然而，在 1976 年 2 月 13~14 日，自大肚橋以下至 St. T3 之間的河段，突然發生河魚大量死亡事故。筆者之一當日正好在現場做水質調查，因此得以目睹現況。當場死亡之魚，為數極多。除河面上漂浮着許多死魚，河邊亦有或大或小死魚，慘不忍睹。河水水色為紅褐色，河水幾乎不流動。由上述實驗結果 (Fig. 2-5) 知大肚溪北岸 (St. T4) 水樣，在 1 月 27 日之 COD 只有 23 mg/l，然而到 2 月 15 日却增至 238 mg/l，在半個月間 St. T4 之 COD 增加了 10 倍左右。由 Fig. 2-3 可知在 2 月 14 日左右，大肚溪水量已降到整年中最低附近。如上所述，此時之河水具有急性毒性，能使試魚在 4 日死亡一半。由以上之結果，可得一推論：大肚橋附近工廠排出之廢水，含有許多有機物，並帶有毒性。由於從一月中旬起中部地區未曾下雨，河川水量在二月中旬降至最低，因河水量少，乃使水中之毒物及有機物濃度相對提高，至某一程度即對魚產生毒害，大批死亡。

大肚溪以外之較小溪流，除麥嶼溪因上游城鎮較少，污染較輕以外，洋厝溪與員林大排水亦已受到嚴重污染。此二溪原來係供農田水利灌溉之用，現已變成眾多工廠之排水溝，及彰化與員林等城鎮之下水道。其水路在乾季，溶氧降低，遍生水蓮花，下游則終年不見魚跡。

此等河川，因污染極重，已不能做為水產用水，並且因水中含有多量  $\text{SO}_4$ 、Na 等，亦不適於其他農業灌溉、工業冷却用途<sup>(6)</sup>。

### 二、工農業活動影響中部河川水況：

如同上述，臺灣中部河川水量之多寡，受到雨量及環境之影響甚大。除此之外，此地區之工農業活動，使得河川在乾季更為乾涸。尤以每年春季，為臺灣中部稻作整地、插秧時期，而此時恰逢河水量最少時期。為了灌溉農田，所以從往昔至今，河川或排水路上建了不少埤或壩，儲水以供利用。無埤之處，農民則以砂石或砂包圍堵河床。因此，排入河川之廢水被層層堵住，不易流往下游。除了農業上抽取溪流之水以外，近年來，臺灣工業發達，用水增多，許多工廠亦自河川取水，使河水更形乾涸。如上述臺化公司在其排水口上方即有一大抽水站。在乾季，上游流下之細流，被此抽水站一抽，幾乎全乾。

### 三、中部河川水污染之特質：

臺灣中部河川水污染之情形與中南部大致類似。即在雨季，工廠廢水可被河水沖淡至某種程度，因此河川污染較輕。而在乾季，則大多污染物質沉滯於河床，污染嚴重。每年春夏之際大雨即將沉積於河床之污濁物質一次沖下河口。此情況與鄭等在嘉義、雲林所得之結論相似<sup>(2)</sup>。唯其詳細情況，則稍有不同：

臺灣許多都市係集中於縱貫鐵路的兩旁，為了交通方便及易於募集勞工等緣故，臺灣之工廠大多亦建於鐵路鄰近。因地形關係，中部地區之縱貫鐵路離海岸較近，例如彰化離海岸 12 公里，員林約 24 公里。但中南部之鐵路則距離海岸較遠，例如嘉義之離海岸 40 公里，斗南之 42 公里，由於臺灣中部之工廠地區離海岸較近，工廠廢水進入河川後，較易流至海邊。因此，在乾季，累積於河床之污染物質可能較少，一次沖下至河口之量亦較寡。就污染物使貝類一次死亡之情形說來，臺灣中部之可能性應比中南部低。此現象可以部份解釋彰化地區貝類死亡率稍低於嘉義東石地區<sup>(2)</sup>之

事實。但從另一角度看來，對淺海養殖貝類之慢性毒性，可能中部之海岸地區比中南部嚴重，因為中部地區經常有工業廢水流出。

## V 摘 要

為知臺灣中部河川之基本水質及其受污染情形，乃自 1975 年 7 月起，至 1976 年 5 月止，在大肚溪、洋厝溪、員林大排水、麥嶼溪及濁水溪等溪流，共進行了 10 次水質調查，由實驗結果得知下列事實：

1. 臺灣中部溪流，因受降雨之影響，在每年十一月至次年四、五月，河水量寡；由四、五月至十一月，則河水量豐。

2. 大肚溪已受臺中市、彰化市工業廢水及部分都市污水之嚴重影響，不論乾、雨季，水質均劣；河道下游，終年無魚，尤以乾季污染更重。臺灣化學纖維公司排水口以下河水，COD 幾乎皆在 1000 ppm 以上，pH 在 2~4 之間，並有強烈毒性，即使稀釋至 25%，亦能使試魚在 4 日內死亡過半。

3. 洋厝溪與員林大排水原係供農田水利灌溉用，已成衆多工廠之排水溝及彰化、員林等城鎮之下水道。在乾季，其溪水之溶氧甚低，污染較重之溪水，甚至含有急性毒物。其下游終年不見魚跡。

4. 在臺灣中部，為供乾季灌溉農田及工業用水，在河道上築有許多水閘，或以沙石圍堵河道；因此在乾季，工廠排出之廢水乃停留在河床。臺灣中部河川之中上游，在雨季雖然有魚，但在乾季期間，因河水之量日減，相對地廢水之濃度即越來越高，至某一程度，即使河魚大量死亡。

5. 乾季累積於河床之污染物，在春夏之交，初次大雨來時，一次被沖至河口，此與雲、嘉地區水污染情形類似，但因中部地區，工廠離海岸較近，在乾季時，污染物之累積量可能較小，故一次沖到河口之量較少，但因廢水經常流出，其對沿岸貝類之慢性毒性可能較大。

6. 臺灣中部多數河川，因污染情形嚴重，除令魚類直接死亡，絕滅之外，且因水中含有過多之  $\text{SO}_4$  與 Na，亦不適於農業灌溉，及工業冷却等用途，必須立刻積極防治。

## IV 本篇參考文獻

1. 陳秋楊 (1973)：臺中港特定區工廠廢水與河川污染調查之研究。國立中興大學土木工程系，1-2。
2. 鄭森雄 (1975)：臺灣西南部河川水質污染與養殖貝類之大量死亡。臺灣水產學會刊，4 卷 1 期，51-71。
3. Doudoroff P. *et al.* (1951): Bioassay methods for evaluation of acute toxicity of industrial wastes to fish. *Sewage and Industrial wastes*, 23, 1380-1397.
4. 中央氣象局 (1975~1976)：農業氣象旬報，第二十二至二十三卷。
5. 手塚泰彥 (1974)：河川の汚染，p. 16, 築地書館 (日本、東京)。
6. 徐玉標 (1967)：臺灣灌溉水質之研究，p. 20。國立臺灣大學農工系。

Appendix 2-1. The water quality of Ta-tu river on July 23, 1975.

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of sampling	15°07	17°40'	17°20'	16°15'	16°30'
pH	8.3	4.8	8.1	8.5	8.4
DO (mg/l)	6.2	6.5	6.2	5.3	6.0
COD (mg/l)	21.6	48.8	4.2	13.4	3.6
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	4.9	37.4	1.8	1.7	2.3
Conductivity ( $\mu$ mho/cm)	300	990	265	333	255
Cl (mg/l)	213		14	28	14
SO <sub>4</sub> (mg/l)	71	467	61	61	56
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	190		80	110	80
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	30.0	19.6	22.0	32.0	21.0
Ca (mg/l)	57		58	60	33
Mg (mg/l)	72		71	80	77
Na (mg/l)	25	117	49	105	85
K (mg/l)	7.0	11.0	3.5	6.3	4.0

Appendix 2-2. The water quality of streams in central Taiwan on Aug. 22, 1975.

(a) Ta-tu river

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of sampling	09°25'	11°27'	11°35'	10°40'	10°49'
Water temp. (°C)	—	35.5	28.0	27.5	27.5
pH	7.2	3.3	6.6	7.3	6.8
DO (mg/l)	6.2	8.7	6.1	6.5	8.2
COD (mg/l)	25.0	1,000	17.0	16.0	15.0
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	2.1	17.5	0.9	1.1	1.2
Conductivity (μ mho/cm)	335	1,300	270	222	355
Cl (mg/l)	15		11	9	21
SO <sub>4</sub> (mg/l)	90	1,020	55	47	54
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	80		80	60	90
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	20.0	76.0	16.0	15.2	22.0
Ca (mg/l)	22		65	25	89
Mg (mg/l)	126		65	90	66
Na (mg/l)	17	409	10	27	8
K (mg/l)	3.1	8.8	2.4	3.9	4.9

(b) Other streams

Streams St. No.	Yang-ts Brook		Yuan-lin Drainage Canal	Mai-hsu Brook			Cho-shui River
	Y1	Y2	L1	M1	M2	M3	CY
Time of sampling	13°25'	14°50'	15°05'	14°10'	15°46'	16°10'	17°20'
Water temp.	30.5	31.0	31.0	30.0	30.5	29.5	28.5
pH	7.2	7.3	7.2	7.4	7.5	7.5	
DO	5.0	3.2	7.4	6.7	6.8	5.8	7.2
COD	15	7	6	3	3	1	30
NH <sub>4</sub> -N	1.8	1.8	0.8	0.4	0.7	1.0	0.9
Conductivity	700	570	680	720	700	650	220
Cl	44	15	14	105	11	21	7
SO <sub>4</sub>	130	90	133	200	187	136	30
Alkalinity	150	140	200	250	220	160	90
SiO <sub>2</sub>	20.0	40.0	16.0	20.0	19.0	26.0	12.0
Ca	15		13	14	14	7	13
Mg	285		387	414	381	346	92
Na	11	6	4	4	4	4	16
K	66.6	24.8	17.9	15.5	14.5	14.7	46.0

\* Units of water quality are same as (a).

Appendix 2-3. The water quality of streams in central Taiwan on Sept. 16, 1975.  
(a) Ta-tu river

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of sampling	09°15'	12°22'	12°05'	10°39'	11°12'
Water temp. (°C)	25.0	31.0	26.0	26.0	26.0
pH	7.4	6.6	7.4	8.1	7.9
DO (mg/l)	5.5	6.0	8.9	9.5	8.0
COD (mg/l)	20.0	1,630	29.3	26.7	11.0
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	4.0	2.2	<1.0	<1.0	<1.0
Conductivity ( $\mu$ mho/cm)	190	1200	250	820	191
Cl (mg/l)	169			9	4
SO <sub>4</sub> (mg/l)	64	560.	46	62	48
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	75		75	95	85
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	29.5	45.0	20.0	24.0	18.4
Ca (mg/l)	79		53	80	23
Mg (mg/l)	121		72	100	110
Na (mg/l)	90	224	10	19	9
K (mg/l)	14.0	5.0	3.3	3.6	2.9
Filtrable residue (mg/l)	343	995	137	132	142
Total residue (mg/l)	725	1130	655	685	235

(b) Other Streams

Streams Water quality*	St. No.	Yang-ts Brook		Yuan-lin Drainage Canal		Mai-hsu Brook			Cho-shui River
		Y1	Y2	L1	L3	M1	M2	M3	CY
Time of Sampling		14°20'	13°24'	11°20'	11°00'	13°20'	10°35'	10°00'	09°00'
Water temp.		29.0	29.0	28.0	25.8	27.5	25.4	25.5	24.0
pH		7.1	6.9	8.0	7.5	7.8	7.7	7.7	8.0
DO		12.1	1.8	5.6	5.5	7.4	8.5	6.0	8.2
COD		24.0	10.7	8.3	6.3	2.7	3.9	5.0	14.7
NH <sub>4</sub> -N		<1.0	1.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Conductivity		550	490	600	380	590	500	500	210
Cl		32	23	11	21	4	4	4	
SO <sub>4</sub>		120	116	162	107	145	132	115	34
Alkalinity		165	165	235	135	315	190	190	115
SiO <sub>2</sub>		16.8	19.0	26.4	14.8	20.4	18.8	16.2	16.0
Ca		85	119	58	57	35	77	38	25
Mg		406	183	347	193	370	263	280	135
Na		28	19	17	13	13	12	10	7
K		4.2	4.2	2.3	3.9	3.0	2.9	2.3	1.5
Filtrable residue		219	218	232	167	244	229	193	98
Total residue		281	230	286	206	652	421	309	152

\* Units of water quality are same as (a).

Appendix 2-4. The water quality of streams in central Taiwan on Jan. 27, 1976.  
(a) Ta-tu river.

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of Sampling	08°55'	11°10'	10°45'	09°50'	10°05'
Water temp. (°C)	16.0	28.8	20.0	19.0	19.0
pH	6.1	4.0	6.7	7.8	8.1
DO (mg/l)	5.8	6.3	6.3	5.1	9.5
COD (mg/l)	27.6	1340	16.2	22.7	9.7
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.1	15.7	0.7	0.5	0.5
Conductivity ( $\mu$ mho/cm)	7500	1470	330	350	330
Cl (mg/l)	15,400		7	18	7
SO <sub>4</sub> (mg/l)	1,480	738	110	66	66
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	126		121	117	117
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	87.0	80.0	31.0	24.8	18.4
Ca (mg/l)	1,112	303	113	108	104
Mg (mg/l)	5,048	91	64	74	58
Na (mg/l)	7,862	483	21	24	13
K (mg/l)	346.0	10.9	4.2	4.9	2.9
Filtrable residue (mg/l)		2766	320	320	262
Total residue (mg/l)		3144	398	390	368

(b) Other streams

Streams Water quality*	Yang-ts Brook		Yuan-lin Drainage Canal			Mai-hsu Brook			Cho-shui River
	St. No.	Y1	Y2	L1	L2	L3	M1	M2	M3
Time of Sampling	13°11'	12°30'	08°30'	13°45'	11°34'	08°58'	12°08'	09°48'	10°32'
Water temp.	21.0	26.0							
pH	7.8	6.8	7.5	7.6	7.4	7.7	7.6	7.6	8.0
DO	8.9	1.2	9.0	0.3	0.3	9.7	8.4	5.2	9.9
COD	31.7	8.5	2.4	16.8	25.2	0.8	1.2	1.8	9.7
NH <sub>4</sub> -N	0.9	0.6	0	0.7	0.5	0	0.2	0.3	0
Conductivity	550	415	550	505	510	900	1280	570	390
Cl	66	16	44	53	51	22	22	18	11
SO <sub>4</sub>	144	101	147	104	104	208	182	157	106
Alkalinity	150	170	230	210	180	180	270	220	130
SiO <sub>2</sub>	19.6	82.0	17.2	22.4	23.6	19.2	20.0	19.2	14.0
Ca	162	142	333	162	175	155	290	253	140
Mg	313	303	110	131	98	310	135	141	82
Na	41	23	17	26	36	17	14	11	8
K	5.4	6.3	8.5	4.1	6.0	3.9	3.7	3.5	1.7
Total residue	462	372	480	434	484	634	566	502	384
Filtrable residue	748	446	590	710	560	744	722	592	682

\* Units of water quality are same as (a).



Appendix 2-5. The water quality of Ta-tu River on Feb. 29, 1976.

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of Sampling	07 <sup>h</sup> 20'	10 <sup>h</sup> 00'	10 <sup>h</sup> 10'	08 <sup>h</sup> 10'	09 <sup>h</sup> 00'
Water temp (°C)	18.0	20.5	20.0	18.0	20.0
pH	7.2	2.4	7.2	7.8	7.5
DO (mg/l)	2.1		4.1	8.0	4.5
COD (mg/l)	106.9	2,560	30.8	115.1	60.3
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.7	11.4	2.1	0.7	3.5
Conductivity (μ mho/cm)	2100	1900	380	350	370
Cl (mg/l)	710	554	31	27	27
SO <sub>4</sub> (mg/l)	250	1,140	90	110	75
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	75		125	60	140
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	11.6	32.0	9.2	10.0	8.4
Ca (mg/l)	180		140	120	140
Mg (mg/l)	280		68	100	140
Na (mg/l)	330	250	29	32	22
K (mg/l)	25.0	12.2	6.9	8.2	7.2

Appendix 2-6. The water quality of Ta-tu River on Mar. 13, 1976

Station	T1	T2	T3	T4	T5
Time of Sampling	07 <sup>h</sup> 30'	10 <sup>h</sup> 30'	10 <sup>h</sup> 45'	08 <sup>h</sup> 10'	08 <sup>h</sup> 35'
Water temp. (°C)	18.0	27.0	19.0	20.0	21.0
pH	7.0	2.5	6.8	7.5	7.4
DO (mg/l)	2.0	6.2	5.1	5.0	4.2
COD (mg/l)	260.0	1,900	47.5	233.5	12.6
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	2.2	20.0	1.7	2.0	2.2
Conductivity (μ mho/cm)	40,000	1050	390	400	410
Cl (mg/l)	4,771	305	29	48	31
SO <sub>4</sub> (mg/l)	810.0	790.0	100.0	140.0	75.0
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	125		100	125	100
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	12.4	25.2	10.0	14.8	9.6
Ca (mg/l)			140	140	150
Mg (mg/l)			100	160	110
Na (mg/l)	2,100	185	32	39	24
K (mg/l)	117.0	9.6	6.6	12.6	6.2

Appendix 2-7. The water quality of streams in central Taiwan on May. 9, 1976.

(a) Ta-tu river

Station	T1	T3	T4	T5
Time of Sampling	11°35'	13°49'	07°53'	12°21'
Water temp. (°C)	28.0	28.8	24.0	26.0
pH	7.1	7.4	7.4	7.8
DO (mg/l)	2.0	6.1	5.2	6.6
COD (mg/l)	44.2	18.7	46.4	11.4
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Conductivity (μmho/cm)	550	300	320	255
Cl (mg/l)	14	21	28	14
SO <sub>4</sub> (mg/l)	92	70	77	65
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	150	200	150	200
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	4.0	2.6	4.8	2.8
Ca (mg/l)	130	140	110	120
Mg (mg/l)	110	70	290	38
Na (mg/l)	80	18	20	16
K (mg/l)	11.0	5.5	6.2	5.1

(b) Other Streams

Streams Water quality*	St. No.	Yuan-lin Drainage Canal			Mai-hsu Brook			Cho-shui River
		L1	L2	L3	M1	M2	M3	CY
Time of Sampling		16°05'	16°03'	18°10'	15°30'	16°25'	16°50'	17°30'
Water temp.		27.0	26.0	25.0	25.0	26.0	26.0	24.0
pH		7.3	7.4	7.5	7.4	7.1	7.6	8.3
DO		2.3	3.1	2.3	2.6	3.2	2.6	4.0
COD		9.6	10.0	9.2	3.7	3.0	4.1	15.1
NH <sub>4</sub> -N		0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0
Conductivity		620	600	620	780	620	600	360
Cl		43	36	36	14	21	14	7
SO <sub>4</sub>		170	187	240	180	174	105	105
Alkalinity		350	250	350	190	200	180	200
SiO <sub>2</sub>		2.8	2.7	2.7	19.0	19.0	20.0	1.8
Ca		260	270	330	120	140	134	164
Mg		34	24	48	190	155	141	60
Na		16	18	14	10	13	11	10
K		3.0	3.3	3.1	3.1	2.8	2.4	2.1

\* Units of water quality are same as (a).

## 第三篇 臺灣中部海岸之水質與養殖貝類之大量死亡

### Chapter 3. Water quality in central coast of Taiwan and its effect on mass mortalities of cultured shellfishes

#### I 緒 言

海岸地區之水質，對於淺海養殖之影響頗大。普通，貝類之養殖場，以在風平浪靜的沿岸、內灣、河口附近較適宜<sup>(1)</sup>。因為除了能避風浪，宜於管理外，河口等地尚有充足的餌料，能供給貝類。例如牡蠣之餌料，據報告似以植物性浮游生物為主<sup>(1)</sup>。此等植物性浮游生物所需的營養物質，主要係靠着陸地流入之營養化學物質。因此，有陸水流入的沿岸一帶，貝類之餌料，能不斷地得到補給，乃較宜形成養殖牡蠣之適宜場所。臺灣西海岸之貝類養殖雖然頗盛，但是關於此等海岸地區水質如何受河川水之影響，却研究極少。

由第二篇之結果，已知臺灣中部溪流，包括大肚溪、洋厝溪、員林大排水與濁水溪水質之整年狀況。為進一步了解彰化地區淺海養殖場之水質概況，及此地養殖貝類之死亡與水質之關係，在調查河川水之同時，筆者等亦詳細研究海岸地區之水質。由調查結果，業已得知，臺灣中部海岸地區水質之大致情況，並證實養殖貝類大量死亡之主要原因，乃由於河川水質污染而來。以下謹報告之。

#### II 實 驗 方 法

##### 一、採樣地點：

為知臺中、彰化地區海岸水質之一般概況，乃在此地區，選擇四站 (Fig. 3-1)，進行採樣：

St. S1，麗水村：本採樣站位於大肚溪河口北方，離岸約二公里。東面有龍井排水溝，北面有安良排水溝，南面是大肚溪，西面為臺灣海峽。屬臺中港區漁會。

St. S2，蚵寮村：本採樣站位於大肚溪河口南方，離岸約一公里。屬伸港鄉漁會。

St. S3，崙尾：本站在洋厝溪出口之北方，離岸約二公里。屬鹿港區漁會。

St. S4，鹿港：本站在洋厝溪與員林大排水出口之中間，離岸約二公里。

上述地點皆位於漁民文蛤養殖場，場中有漁民之看守竹筏，即以竹筏泊處，為採樣點。各站在地圖上之詳細位置係以三標兩角法測定<sup>(2)</sup>。

##### 二、採樣方法：

上述採樣站，由於位於潮間帶，在退潮時，採樣地點全乾，漲潮時則為海水覆沒。在潮水剛漲之時，採樣站之水受河川影響最大；潮水漲至最高時，河水影響最小。而文蛤或牡蠣棲於沙灘或離地數 10 公分之處。為知貝類棲息處之水質如何，乃以下法採樣：在退潮時，由岸邊步行至筏上，俟海水上漲後，即以真空唧筒採水法<sup>(3)</sup>由筏上採離地 10 公分高之水樣。在同一潮時，由低潮至高

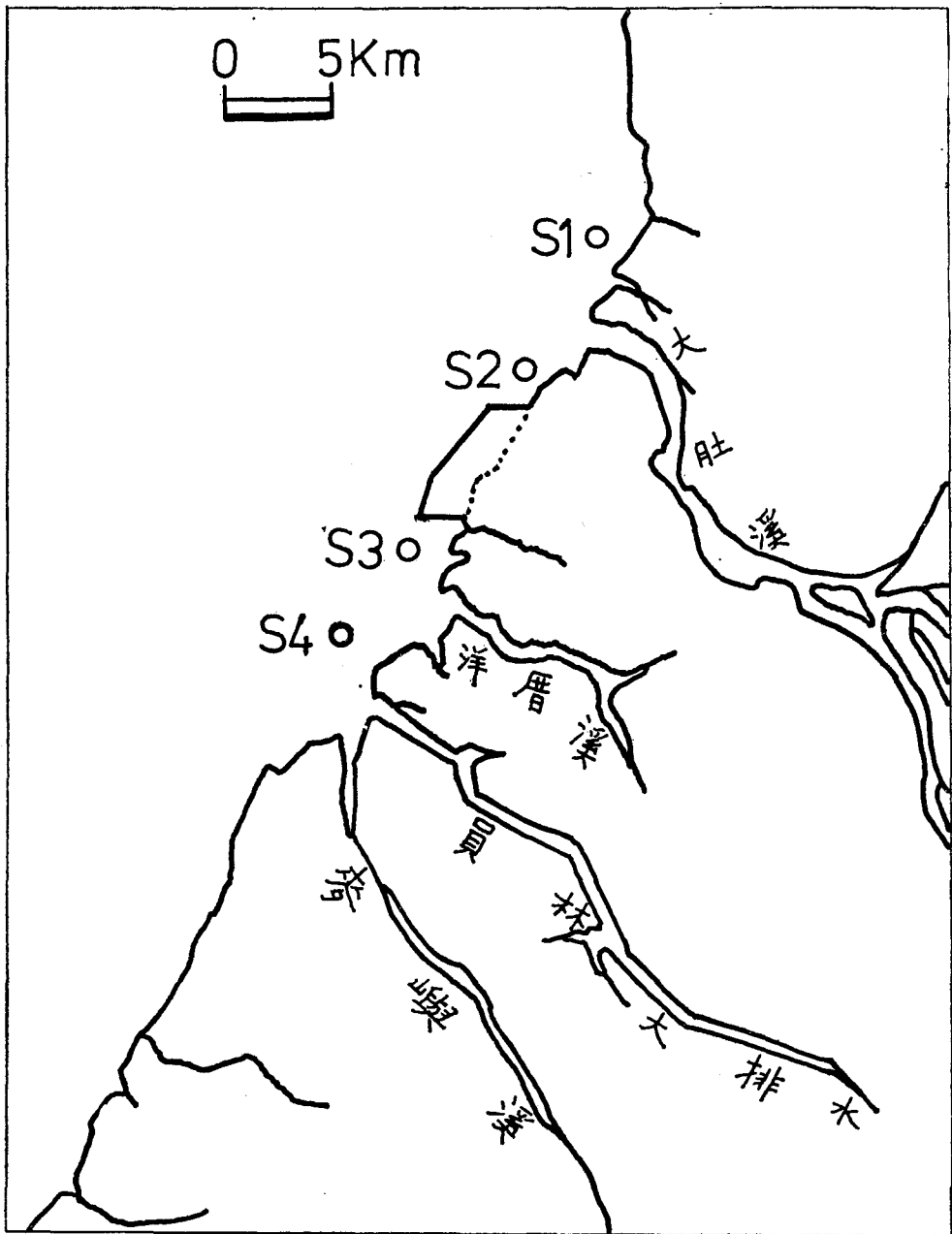


Fig. 3-1. Map showing sampling stations along central coast of Taiwan (refer to Fig. 2-1).

潮共取二至三次，由高潮降至低潮再取二至三次水樣。如此可得不同潮高，同一水深處之水樣。此等水樣即供以下之水質測定。1976年5月5日 St. S1 與 S2 之水，則係在高潮時，採自岸邊之表面海水。

採得之水樣，當日即運回實驗，冷藏於 4°C，並儘速測定之。

### 三、水質化學測定：

水質化學之測定，除下述項目外，皆同第二篇中所使之方法。

溶解氧：以 Winkler 法<sup>(4)</sup>測定，但先以  $MnSO_4$  與  $KI-NaOH$  溶液固定水中之氧。

### 四、貝類死亡率之計算：

為知貝類在每年春末大雨前後之死亡率，是否有差異，乃於 1976 年 4 月 28 日至現場計數貝類之死亡率。1976 年，臺灣中部地區初次大雨係下於 5 月 4~5 日，故於 5 月 9 日至現場再度計算貝類死亡率。計算方法，係在上述採樣站，以 10 公尺×10 公尺左右為範圍，在其四角及中央，共五處，計算 1 公尺平方內文蛤之總數及死亡數，而求得死亡率。下雨前後之計算地點，係同一地方。

## III 實驗結果

本調查，自淺海養殖場共採四次水樣。二次在雨季（1975 年 8 月 22 日及 9 月 16 日），二次在乾季（1976 年 1 月 27 日及 2 月 15 日）。另外並於 1976 年 5 月 9 日，初下大雨後，趕至現場，計算文蛤死亡率。其結果如下及 Appendix 3-1 至 3-2。

### 一、臺灣中部海岸地區在雨季時之水質：

在雨季時，彰化、臺中地區沿岸之水質，可以 Fig. 3-2 及 Fig. 3-3 代表之。Fig. 3-2 係大肚溪河口北南岸 (St. S1 與 St. S2)，在 1975 年 8 月 22 日（農曆 7 月 16 日，大潮）之水質。由此圖可知在雨季，大肚溪河水主要係往北流，即大肚溪之北岸受河水影響大，其最低 Cl 只有 14%（鹽度 25.30‰），南岸則受河水影響較少，其 Cl 在 16%（鹽度 28.9‰）以上。因為，由 Fig. 3-2，可見當退潮時，St. S1 之 Cl 及  $SO_4$  減少， $SiO_2$  增加。Cl 與  $SO_4$  為海水之主要成分， $SiO_2$  係來自河水。因此，可以明顯的知道，當退潮時，St. S1 養殖場河水流入甚多。然而，St. S2 在退潮時，Cl,  $SO_4$  與  $SiO_2$  之變化極少，可見在此站，主要是海水在漲退而已，河水影響極少。

Fig. 3-3 係 St. S3 與 St. S4 在雨季時之水質。由此圖可見 St. S3 與 St. S4 之 Cl,  $SO_4$  隨退潮而減少， $SiO_2$  隨退潮而增加。因此可知此二站受河水相當程度之影響，而其影響程度甚至大於 St. S1；在退潮時，海水之 Cl 只有 12-14%（鹽度 21.7-25.3‰）。可能 St. S3 與 St. S4 處之水流較 St. S1 與 St. S2 流動較緩或離潮溝較近之故。

由 Fig. 3-2 與 Fig. 3-3，可知在雨季，臺灣中部海岸地區海水之 pH 大致在 7.7~8.1 之間。溶解氧 (DO) 皆在 6 ppm 以上。除 St. S1 在低潮時，因受大肚溪河水影響，COD 高至 15 ppm 外，其他地點之 COD 皆在 10 ppm 以下。由此可見，在雨季，中部地區海岸污染，以大肚溪河口北岸稍重，其他地區尚不十分惡劣。

### 二、臺灣中部海岸地區在乾季時之水質：

在乾季時，彰化、臺中沿岸之水質，可以 Fig. 3-4 及 Fig. 3-5（1976 年 2 月 15 日，農曆 1 月 16 日，大潮）代表之。由此二圖，可知在乾季，河水流往海岸地區極少，各採樣站不論是低潮，或高潮，大多為鹽度較高之海水。例如 St. S1 與 St. S2 (Fig. 3-4) 即使在最低潮，其 Cl 亦達 18%（鹽度 32‰），St. S3 與 St. S4 (Fig. 3-5) 其 Cl 亦皆在 17%（鹽度 30‰）以上。此外，由各站極低之  $SiO_2$  (<1 ppm)，亦可知河水幾乎未流至此等海岸。

在乾季，中部海岸地區水質之 pH 約在 7.5~7.7 之間，稍低於雨季之 7.7~8.1 之間，其理何在

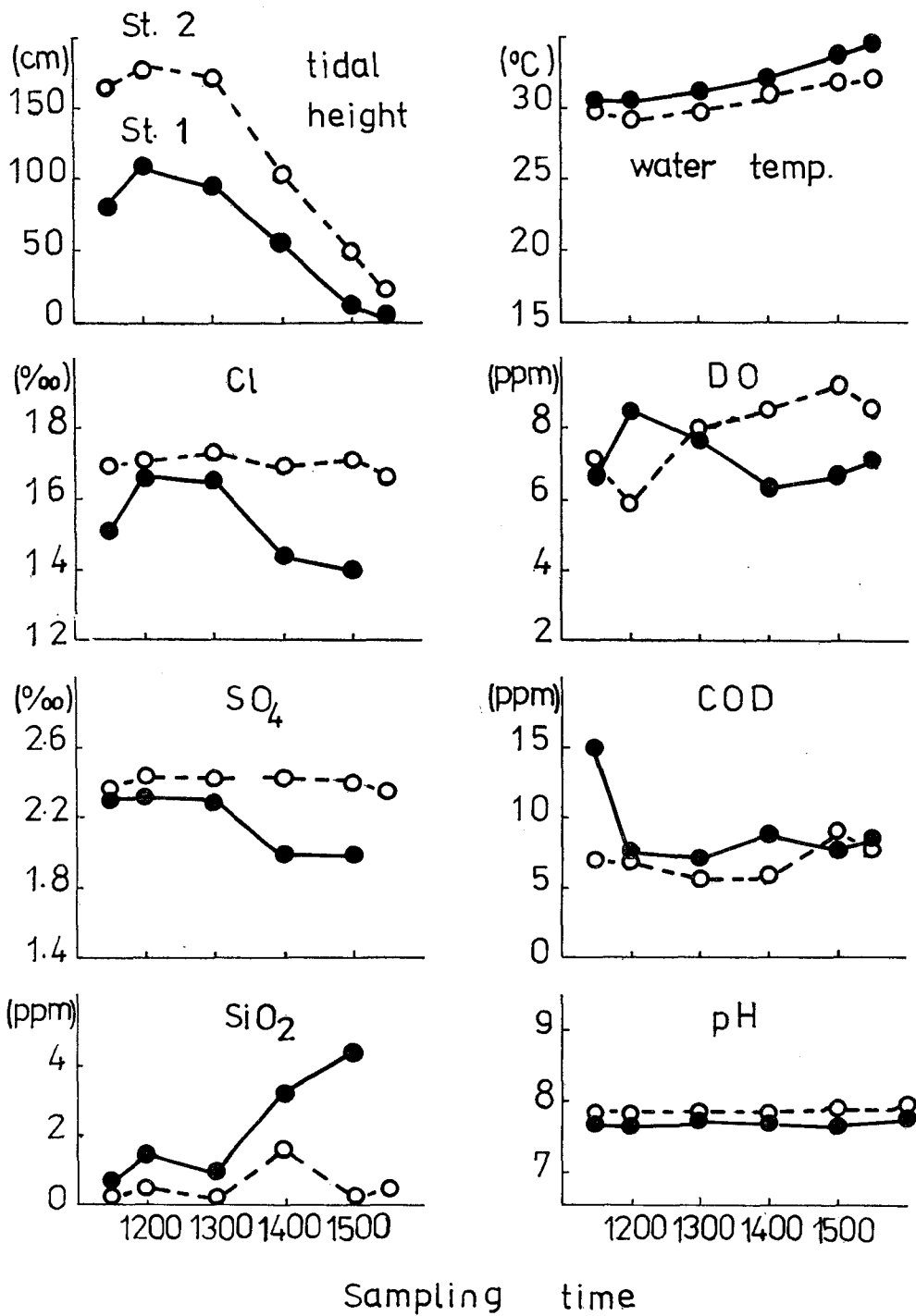


Fig. 3-2. Water quality in St. S1 and St. S2 on Aug. 22, 1975.

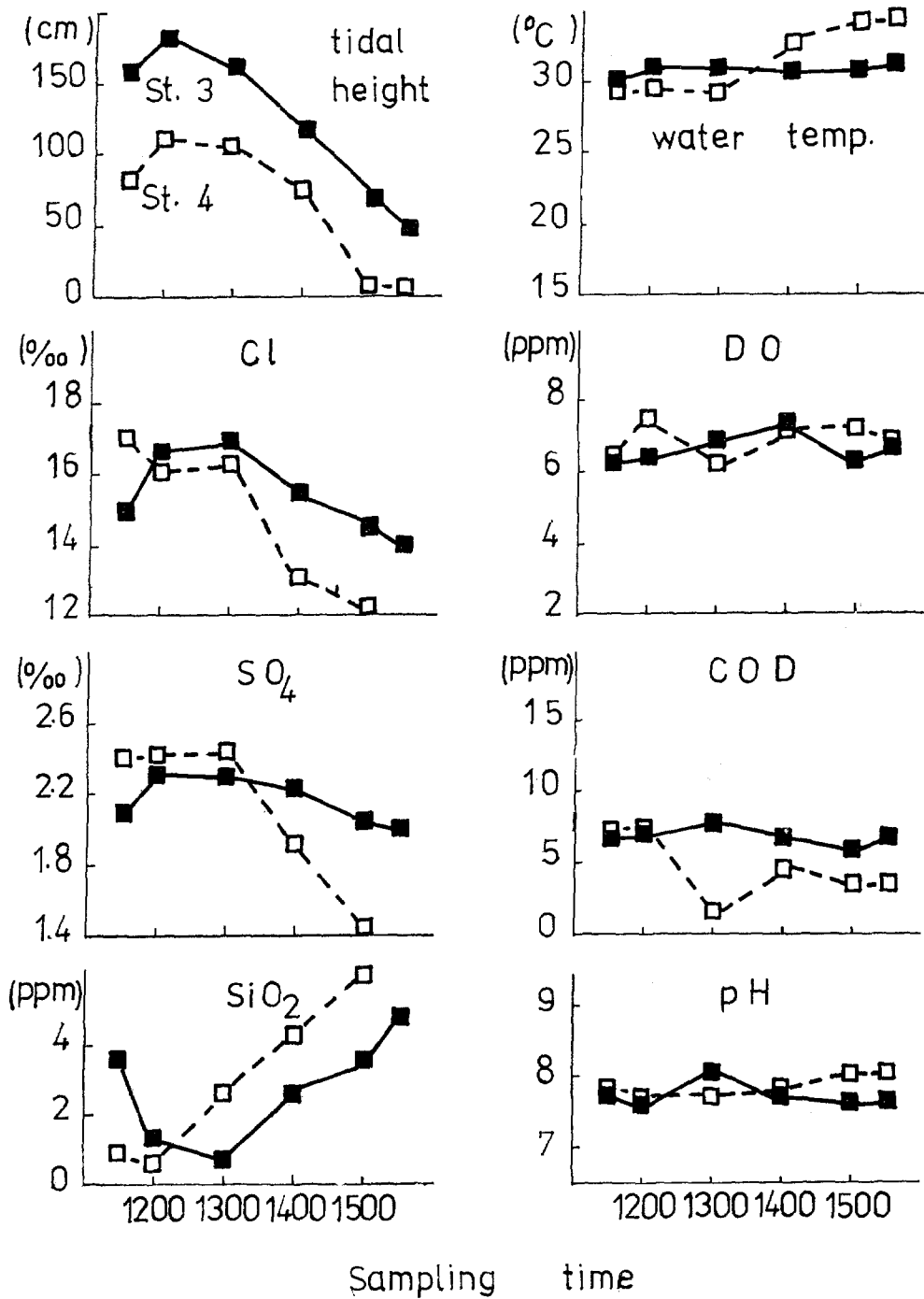


Fig. 3-3. Water quality in St. S3 and St. S4 on Aug. 22, 1975.

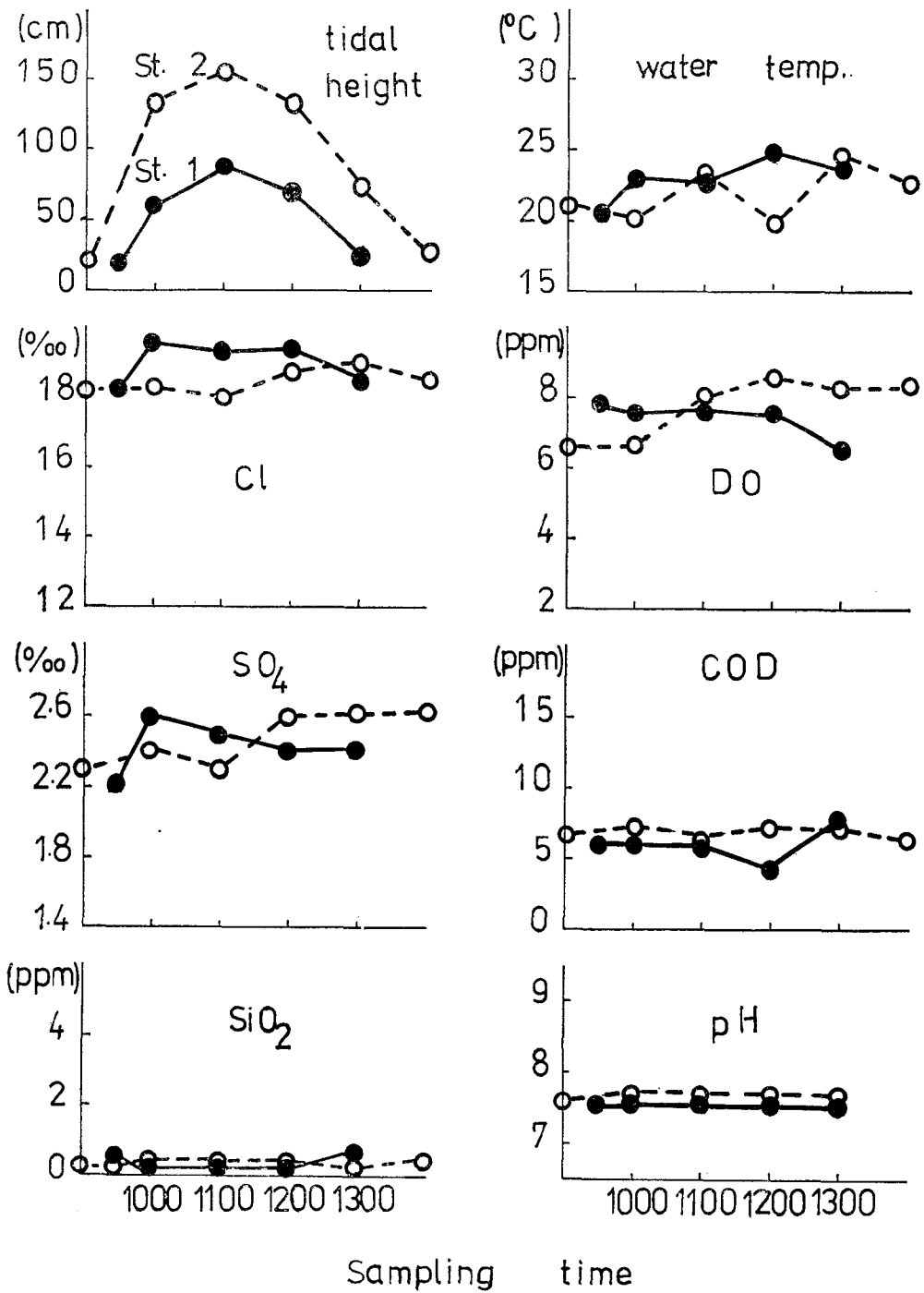


Fig. 3-4. Water quality in St. S1 and St. S2 on Feb. 15, 1976.



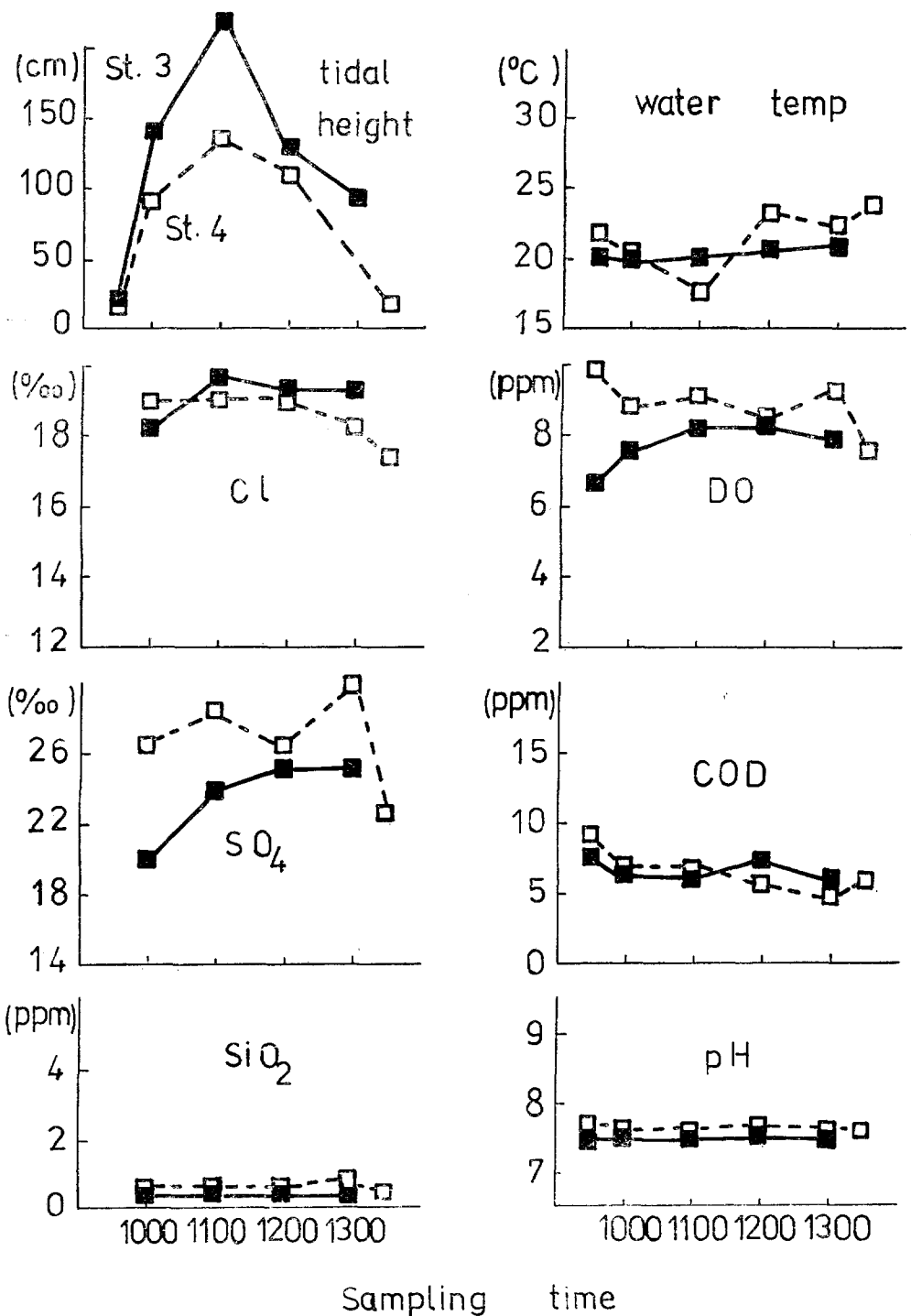


Fig. 3-5. Water quality in St. S3 and St. S4 on Feb. 15, 1976.

，有待研究。溶解氧，在乾季則稍高於雨季，此可能係海水溫度較低的緣故。由 Fig. 3-4 與 Fig. 3-5，可知 St. S1, S2, S3 與 S4，在乾季 COD 皆不高，諒係因河水流來甚少，故污染程度較低。

### 三、春末初次大雨後沿岸海水之 COD：

爲知每年春末，臺灣中部地區下雨後，污染河水如何被沖至河口，乃從初春開始，定期測定大肚溪及其河口水樣之 COD 其結果如 Table 3-1 所示。由該表可知，在乾季之末（1976年2月15日），大肚溪中上游之污染物已沉積甚多，例如 St. T4（大肚橋下）之 COD 239 ppm，但河口之 St. S1 與 St. S2 之 COD 却只有 7 ppm。到 1976年4月28日，大肚溪中上游之 COD 已高至 2240 ppm，St. S1 與 St. S2 亦分別增至 20 及 13 ppm。至 5月4~5日下大雨後，則大肚溪（St. T4）之污染物被沖至河口，COD 減至 57 ppm；因此，沿岸邊 St. S1 及 S2 之 COD 則分別增至 30 與 22 ppm 矣！

Table 3-1. Seasonal variation of COD (ppm) in Ta-tu River and its estuarial waters.

Date	Station	Sea water		Ta-tu River water		
		S1	S2	T3	T4	T5
Feb. 15, 1976		7	7	49	239	11
Apr. 28, 1976		20	13	54	2,240	24
May. 5, 1976		30	22	15	57	38

### 四、大雨前後淺海養殖文蛤之死亡率：

臺中、彰化地區淺海養殖之文蛤，在每年春末大雨後常會有大量死亡現象，雖然漁民已多方報告，但是，其實際死亡率何，其間是否有統計上之差別，至今爲止，似乎沒有科學上確實之探討。經現場計算 St. S1 至 S4 在 1976年4月28日（大雨前）與 5月9日（大雨後）養殖文蛤之總數及死亡率後，得到 Table 3-2 之結果。由此表知雨前及雨後文蛤的平均死亡率差異很大，同時不

Table 3-2. The mortality (%) of clam before (Apr. 28, 1976) and after rainfall (May 9, 1976).

	St. Replicate	S1	S2	S3	S4
		Before rainfall	A 2.79	B 1.05	C 10.21
		2.19	0.77	13.28	16.67
		2.29	4.17	8.27	10.00
		2.80	9.40	11.00	12.18
	Station average	2.49	3.39	11.05	10.20
After rainfall	A	16.32	23.08	13.04	23.94
	B	9.80	20.59	20.41	28.21
	C	19.78	4.76	29.63	31.40
	D	25.37	15.38	42.47	27.59
	E	18.18	2.91	20.39	15.96
	Station average	17.89	13.34	25.19	25.42
Overall average of station		10.19	8.36	18.12	17.81

同地區間亦有差異。爲了比較此差異的顯著性，乃進一步做變方分析，其結果如 Table 3-3 所示，雨前及雨後以及地區間差異極顯著存在。由於地區共有四處，因此以最小差異顯著水準 (LSD) 進行地區平均值間的比較，結果顯示 S1 及 S2 或 S3 及 S4 間死亡率無差異存在，但 S1, S2 及 S3, S4 間則有差異。即雨後，臺中、彰化地區文蛤之死亡率確實比雨前增加，其可信度在 99% 以上。另外，St. S3 與 St. S4 一帶（崙尾、鹿港間）之死亡率高於大肚溪河口（麗水、蚵寮村）。其原因可能係上述 St. S3 與 S4 水流較不易與外洋海水交換所致。

Table 3-3. Analysis of variance of mortality of clam.

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value
Between rainfall (A)	1	1871.150	1871.150	47.435**
Between stations (B)	3	771.459	257.153	6.519**
A × B	3	48.468	16.156	0.410 <sup>NS</sup>
Error	32	1262.294	39.447	
Total	39	3953.371		

\*\* Significant at 1% level.

NS Non-Significant.

另外，爲探討不同密度（文蛤隻數/平方公尺）間，在大雨前後或地區間是否發生差異，乃進行變方分析（平均值如 Table 3-4，變方分析如 Table 3-5），結果顯示各地區間的密度，以及雨前雨後密度皆發生變化。同時爲進一步瞭解死亡率的變化是否因密度的不同而發生而進行相關分析

Table 3-4. The density (No. of clam/m<sup>2</sup>) of clam before (Apr. 28, 1976) and after rainfall (May 9, 1976).

	St.	S1	S2	S3	S4
	Replicate				
Before rainfall	A	444.8	38.0	203.6	103.2
	B	565.6	52.0	291.6	59.6
	C	548.0	51.6	165.6	72.0
	D	593.6	67.2	335.2	80.0
	E	543.2	46.8	436.0	78.8
station average		539.0	51.1	268.4	78.7
After rainfall	A	80.8	32.5	28.7	213.0
	B	63.2	17.0	122.5	195.0
	C	86.0	10.5	90.0	203.0
	D	68.4	13.0	91.2	213.0
	E	85.2	343.3	190.0	207.0
	F	—	330.0	—	—
station average		76.7	83.2	104.4	205.0
overall average of station		307.9	67.2	186.4	141.9

，結果兩者間的相關係數為  $-0.352$ ，不顯著存在。故知死亡率不因密度的增加而變大。由此結果可知某些人士所稱，貝類之大量死亡與密度有關一節，並非事實。

Table 3-5. Analysis of variance of density of clam.

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value
Between rainfall (A)	1	146785.340	146785.340	29.430**
Between stations (B)	3	307146.805	102382.268	20.528**
A×B	3	513511.657	171170.552	34.320**
Error	32	159688.896	4987.528	
Total	39	1127044.698		

\*\* Significant at 1% level.

#### IV 討 論

綜合上述彰化、臺中沿岸水質實驗，及第二篇「臺灣中部河川之水質及其對魚類之影響」一文中水質調查結果，可以得知：

(1)在雨季，臺灣中部地區之河水量豐，故工業廢水排出後，可以得到稀釋，流到淺海養殖場的河水，雖使沿岸水質稍受污染，但尚不十分嚴重。在乾季時，則河水量寡，工業廢水乃沉積於河床，只有少量流往河口，因此淺海養殖場之水質污染輕微。在每年春季初下大雨，沉積於河床之大量污染物，一次被沖至河口，乃使沿岸海水之污染物一時激增。

(2)由現場觀察得知，在1976年5月4日大雨前，養殖貝類幾乎沒有死亡。然而在大雨後，河水一時沖下之際，貝類之死亡率突然顯著增加。

(3)在養殖貝類死亡之前，大肚溪之魚亦大批死亡，而其主因，係因河水中之有毒物質而來。

由以上之事實，可得之結論為：臺灣中部地區淺海養殖貝類大量死亡之主要原因為河川污染。而使貝類致死之本體可能係工廠廢水中有毒物質之毒性作用。

另外，在每年春末初下大雨，河川流下之大量淡水，雖然會使淺海養殖場海水之鹽度突然下降，但是鹽度似乎不太可能係貝類死亡之主因。如林茂春先生之記錄所稱，臺中地區養殖貝類已逾百年，唯從未有大量死亡情形。只有在民國五十七、八年工業發達後，方有「毒斃」現象。如果大雨後，淺海養殖場鹽度之下降會使貝類死亡，則在民國五十七、八年以前，貝類應該不會死亡才合乎情理。然而，民國五十七、八年前，並無大量死亡情事發生，可知鹽度之變化，非為貝類死亡之主因。

彰化、臺中地區貝類之死亡原因，雖然與嘉義、雲林地區相似，同為工業廢水污染引起；但是一般說來，中部地區貝類之死亡率較中南部為低。此現象除與中部地區河川特質有關外，彰化地區之海岸平坦，沒有沙洲圍住，致使養殖場之海水易於流動，可能亦為重要原因之一。

## V 摘 要

爲了解臺灣中部海岸地區之水質，及其與近年來貝類大量死亡之關係；由 1975 年 8 月至 1976 年 2 月共自臺中、彰化地區淺海養殖場採取四次水樣，分析水質。由實驗結果得知：

1. 在雨季之八、九月時，大肚溪河水主要係往北流，即大肚溪河口北岸受河水影響大，鹽度在 25.0~30.4‰ 間，南岸受河水影響較少，鹽度在 30.1~30.9‰ 間。崙尾、鹿港一帶海岸，則普受河水影響，在退潮時，文蛤養殖場海水之鹽度下降至 21.7~25.3‰ 之間。

2. 在乾季之一、二月，大肚溪南北岸及崙尾、鹿港海岸幾乎皆爲海水，在此時期，河水流來甚少，即使在最低潮，其鹽度亦分別在 32‰ 及 30‰ 以上。

3. 在雨季，中部地區海岸污染，以大肚溪河口北岸稍重，其他地區尚不十分惡劣。在乾季，則因河川乾涸，污水流至海岸不多，故污染程度較低。然而春末初次大雨後，沿岸海水污染物則一時激增。

4. 在春末初降大雨後，淺海養殖文蛤之死亡率比大雨前顯著增加，經統計分析後，知其可信度在 99% 以上。然而文蛤之死亡率却不因密度增加而變大，故目前文蛤養殖密度與貝類之大量死亡，顯然無關。

5. 綜合中部河川及其沿岸水質之分析結果，可得一結論爲：臺灣中部地區淺海養殖貝類大量死亡之主要原因爲河川污染。而使貝類死亡之本體，可能係工廠廢水中之有毒物質。

## VI 本篇參考文獻

1. 小笠原義光 (1968)：臺灣之牡蠣養殖現況及其展望。中國水產，187, 2-8。
2. 松江吉行 (1965)：水質汚濁調查指針，p. 68, 恆星社厚生閣版（日本、東京）。
3. 小山忠四郎等 (1972)：湖水、海水の分析，pp. 4-5, 講談社（日本、東京）。
4. 半谷高久 (1960)：水質調査法，pp. 201-211, 丸善株式會社（日本、東京）。

Appendix 3-1. Water quality in central coastal area of Taiwan on *Sept. 16, 1975.*

(a) St. S1 and S2

Station	S1				S2					
	08°40'	09°20'	10°20'	11°20'	07°10'	08°20'	09°20'	10°20'	11°20'	11°42'
Time of sampling										
Air temp. (°C)	25.0	28.5	28.5	32.5	26.0	27.0	25.4	29.5	29.7	29.0
Water temp. (°C)	27.5	28.0	28.0	32.5	75.0	27.8	28.0	29.0	29.2	28.5
Tidal height (cm)	30.5	38.0	20.0	2.0	27.0	95.0	115	90.0	52.0	34.0
pH	6.8	7.1	7.3	7.3	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5
DO (mg/l)	6.0	6.2	6.3	7.0	6.2	6.7	6.4	6.7	6.9	6.8
COD (mg/l)	6.0	6.2	6.1	19.0	5.0	5.5	6.1	5.6	5.3	5.2
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<1.0	<1.0	1.1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cl (‰)	17.3	17.0	14.1	13.3	20.0	19.5	19.3	19.2	18.5	18.4
SO <sub>4</sub> (‰)	2.65	2.55	2.05	1.78	2.75	2.75	2.75	2.55	2.55	2.55
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	1.3	1.0	3.2	6.5	1.3	0.5	<0.5	0.7	1.4	1.6
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	115	110	100	145	125	115	115	115	120	

(b) St. S3 and S4

Station	S3						S4				
	07°35'	08°30'	09°20'	10°20'	11°20'	11°55'	07°52'	08°20'	09°20'	10°20'	10°55'
Time of sampling											
Air temp. (°C)	25.5	25.0	26.0	25.5	25.5	26.5	27.5	27.5	30.0	29.0	29.5
Water temp. (°C)	27.0	28.0	28.2	28.8	29.5	29.5	26.0	28.5	28.0	28.0	29.0
Tidal height (cm)	26.0	88.0	108	85.0	54.5	26.0	15.0	46.0	61.0	45.0	20.0
pH	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4	7.4
DO (mg/l)	6.6	7.9	8.6	7.6	9.2	7.5	6.5	6.5	6.8	8.9	7.9
COD (mg/l)	6.9	6.8	7.8	9.9	6.8	6.1	5.5	5.5	5.6	5.8	6.5
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cl (‰)	15.6	17.2	17.7	17.7	16.7	16.3	10.0	17.7	18.4	17.9	
SO <sub>4</sub> (‰)	2.65	3.12	3.00	2.50	2.30	2.20	1.40	2.55	2.45	2.30	2.25
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	4.1	2.3	2.0	1.5	3.0	3.2	7.5	1.3	0.8	1.6	2.7
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	130	125	115	115	105	170	170	120	120	135	130

Appendix 3-2. Water quality in central coastal area of Taiwan on Jan. 27, 1976.

(a) St. S1 and S2

Station	S1		S2					
	07°50'	08°30'	06°50'	07°30'	08°30'	09°00'	09°30'	10°00'
Time of sampling	07°50'	08°30'	06°50'	07°30'	08°30'	09°00'	09°30'	10°00'
Air temp. (°C)	16.5	16.0	15.0	15.2	15.8	17.3	17.5	16.1
Water temp. (°C)	15.0	15.0	14.5	14.2	14.2	14.5	15.1	15.5
Tidal height (cm)	22.0	23.0	—	—	60.0	59.0	30.0	19.0
pH	6.6	7.2	6.9	7.0	7.3	7.4	7.5	7.5
DO (mg/l)	9.7	8.4	—	7.9	8.5	8.3	9.5	9.0
COD (mg/l)	4.5	2.6	10.4	7.8	9.2	10.1	9.5	8.7
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<0.1	<0.1	<.01	0.2	0.2	0.1	0.2	<0.1
Cl (‰)	18.5	19.4	11.5	12.4	13.7	13.9	12.6	12.4
SO <sub>4</sub> (‰)	2.64	2.64	2.14	1.76	2.14	1.95	1.88	1.95
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	2.4	2.2	5.0	7.2	5.6	5.3	6.3	6.1
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	160	110	130	140	140	150	150	140

(b) St. S3 and S4

Station	S3					S4			
	07°20'	08°30'	09°30'	10°30'	10°55'	07°30'	08°30'	09°05'	09°30'
Time of sampling	07°20'	08°30'	09°30'	10°30'	10°55'	07°30'	08°30'	09°05'	09°30'
Air temp. (°C)	15.0	15.5	16.0	16.4	17.0	14.5	15.0	15.2	15.3
Water temp. (°C)	15.0	15.5	15.4	15.8	16.2	14.0	15.0	15.4	15.4
Tidal height (cm)	25.0	87.5	75.0	46.0	22.0	14.0	22.0	14.0	14.0
pH	7.3	7.4	7.4	7.3	7.4	7.7	7.5	7.5	7.5
DO (mg/l)	8.1	8.6	8.2	8.4	8.2	10.2	9.6	9.6	9.6
COD (mg/l)	6.8	7.0	7.2	7.6	7.6	7.8	7.4	8.3	7.6
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.2	0.6	1.0	0.7
Cl (‰)	15.2	17.4	16.1	16.8	15.7	5.7	6.7	6.2	7.1
SO <sub>4</sub> (‰)	2.57	2.49	2.40	2.49	2.40	1.04	1.15	1.09	1.12
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	3.3	3.1	4.5	3.4	4.5	10.2	8.8	9.0	8.4
Alkalinity (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	120	130	130	160	130	180	180	180	170

## 第四篇 大肚溪之重金屬污染

### Chapter 4. Heavy metal pollution in Ta-tu River

#### I 緒 言

重金屬污染係河川水質污染中最引人注意的一種，因為當河川受到重金屬污染後，所有利用河水之地方及生物都有可能受到其影響。例如以河水灌溉之農田，其中之農作物，棲息於河中之魚類，養殖於河口之貝類都可能受到重金屬之害。欲知某一河川是否已經受到重金屬之污染，最直接之方法乃為測定河水之重金屬濃度。此種測定通常需定時長期實行，方能了解整個河川污染概況。由於生物具有累積重金屬之現象，當某一水域長期含有過量之重金屬後，棲息於其中之魚貝類即含有異常之重金屬濃度。因此，河川中魚貝類之重金屬濃度，可以做為一個指標，判斷該水域是否已受到重金屬相當期間之污染。

為迅速了解大肚溪是否受到重金屬污染，乃自不同河段採捕魚類，供做分析。由實驗結果，得知大肚溪自大肚橋以下，已受汞之污染。其詳細情形，則如以下報告。

#### II 實 驗 方 法

在 1974 年 3 月及 4 月，共自大肚溪四個站 (St. T1, T3, T4 及 T7) 捕得 16 種魚貝。採集地點如 Fig. 4-1 所示，捕獲之魚貝則如 Table 4-1 所列。在同一站中捕獲之同一種魚，係將其合併，做為一個樣品處理。依魚種之不同及大小，分別以全魚、肌肉或內臟供測定。

汞、鎳、銅、鎳、鉛及鋅等重金屬之濃度係採鄭等<sup>(1)</sup>之方法，以原子吸光儀測定。

#### III 結 果 與 討 論

本調查最初計劃自五個站採樣 (St. T1, T2, T3, T4, T7)，但是在實驗期中發現，大肚溪由河口至臺化公司排水口附近 (St. T1 至 T2)，除了在河口近海岸邊有少數彈塗魚及蟹外，並無其他任何魚類，故 St. T2 無樣品分析。因只採樣二次，未能確實說明，但是大肚溪上游河段中，魚貝之種類似乎較下游為多，而且數量似乎亦較豐，如 Table 4-1 所示。

大肚溪河中所捕獲之魚貝類，其鎳、銅、鎳、鉛、鋅之濃度如 Table 4-1 所示。汞之濃度則如 Table 4-2。Table 4-1 之結果指出，由大肚溪所捕獲魚貝類之鎳、銅、鎳、鉛、鋅之濃度，並不比臺灣一般養殖魚貝類為高<sup>(1)</sup>。比較不同河段所捕獲魚貝類之重金屬濃度後，發現其間並無甚大差別。由此結果，可以推斷，大肚溪至 1974 年 4 月為止，似乎尚未受鎳、銅、鎳、鉛、鋅之嚴重污染。

然而，Table 4-2 之數據，却明顯的指出，大肚溪自大肚橋以下，已經受到汞之污染。由大肚橋上方河中 (St. T7) 所捕獲之蝦，其中之汞濃度為 0.09 ppm，但是由大肚橋下 (St. T4) 捕獲同種之蝦，其汞濃度却為 0.3 ppm，臺化公司排水口附近 (St. T3) 捕獲者，其濃度為 0.5 ppm。



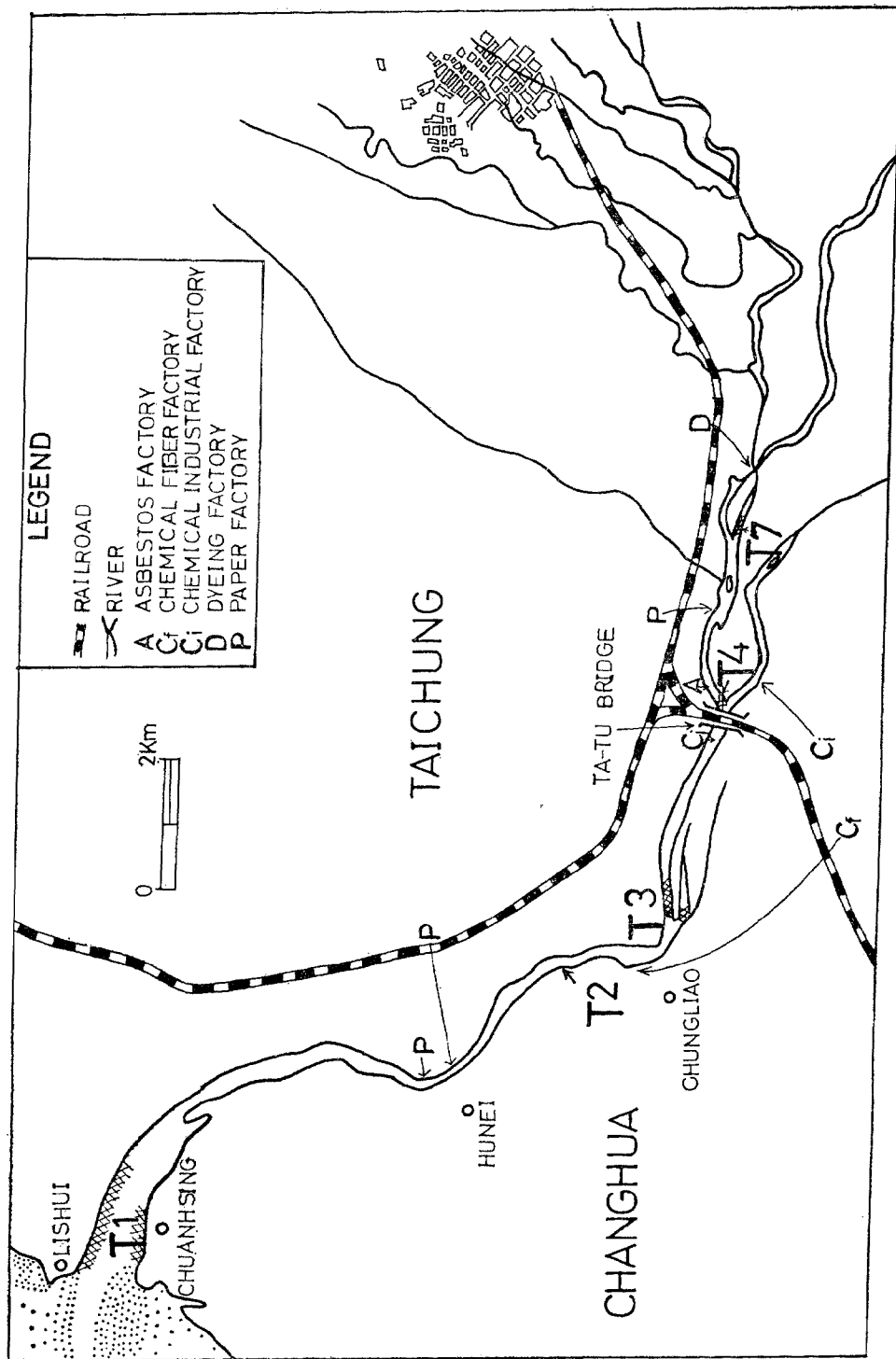


Fig. 4-1. Map of Ta-Tu River showing sampling stations.

Table 4-1. Heavy metal contents of fishes and shellfishes caught in Ta-Tu River.

Station <sup>a</sup>	Sample	Mean total length (cm)	Mean body weight (g)	Part <sup>b</sup> used	( $\mu\text{g/g}$ wet tissue)					
					Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	
T1	a. <i>Periophthalmus cantorensis</i> (Osbeck) 彈塗魚	5.9	1.5	W	0.2	1.4	0.7	0.4	38.9	
	b. <i>Helice latimera</i> Parisi 蟹	—	9.5	S	0.05	15.7	0.3	0.5	33.3	
T3	a. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor) 土鯪	10.2	5.2	W	<0.2	1.8	0.8	0.2	21.9	
	b. <i>Mylopharyngodon aethiops</i> (Basilwsky) 青魚	6.1	2.1	W	<0.1	0.1	0.6	<0.3	53.0	
	c. <i>Oxyurichthys microlepis</i> (Bleeker) 鰱鱖鯊	4.8	0.9	W	<0.7	0.3	<2.7	0.1	23.6	
	d. <i>Cobitis taenia</i> (Linnaeus) 沙鰕	7.6	2.5	W	<0.1	1.7	<0.6	0.2	81.9	
	e. <i>Rhododus spinalis</i> Oshima	3.5	0.6	W	<0.3	0.2	<1.3	<0.7	34.0	
	f. <i>Tilapia mossambica</i> Peteres 吳郭魚	6.2	3.1	W	<0.4	3.0	<1.4	0.2	26.6	
T4	g. <i>Parasilurus asotus</i> (Linnaeus) 鮎魚	21.7	53.6	M V	<0.1 <0.3	0.1 0.1	<0.4 <1.3	<0.2 0.6	10.2 12.4	
	h. <i>Macrobrachium asperulum</i> (Cantor) 蝦	—	7.4	S	<0.2	2.5	<0.6	<0.3	22.5	
	a. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor) 土鯪	13.2	14.1	M V	<0.03 <0.6	0.7 0.9	<0.2 <2.2	0.4 3.0	24.0 39.3	
	b. <i>Mylopharyngodon aethiops</i> (Basilwsky) 青魚	5.9	1.6	W	<0.5	0.9	<0.5	<1.8	47.8	
	c. <i>Oxyurichthys microlepis</i> (Bleeker) 鰱鱖鯊	6.1	2.1	W	<0.7	4.8	<2.7	1.5	20.2	
	d. <i>Cobitis taenia</i> (Linnaeus) 沙鰕	6.3	1.2	W	<0.3	2.9	<1.2	0.6	53.0	
	e. <i>Pseudogobio brevisrostris</i> Günther 短吻鱖魚	5.1	1.1	W	<0.2	<1.6	1.6	5.7	87.5	

(continued)

Table 4-1. Heavy metal contents of fishes and shellfishes caught in Ta-Tu River—(Continued).

Station <sup>a</sup>	Sample	Mean total length (cm)	Mean body weight (g)	Part <sup>b</sup> used	(μg/g wet tissue)					
					Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	
T7	f. <i>Gambusia parvaelis</i> (Baird & Girard) (1) 大肚魚	4.1	0.8	W	<1.4	5.6	<5.6	2.8	44.4	
	g. <i>Macrobrachium asperulum</i> (Fabricius) (10) 蝦	—	4.6	S	<0.03	6.5	<0.2	1.1	17.8	
	a. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor) 土鯪 (1)	10.9	7.9	W	<0.02	0.1	<0.2	<0.1	26.7	
	b. <i>Mylopharyngodon aethiops</i> (Basilwsky) (1) 青魚	8.2	3.8	W	<0.03	1.7	1.1	0.4	81.2	
	c. <i>Cobitis taenia</i> (Linnaeus) 沙鯪 (1)	5.6	0.9	W	<0.1	0.9	4.0	1.3	55.3	
	d. <i>Tilapia mossambica</i> Peteres 吳郭魚 (1)	11.4	33.7	M V	<0.03 0.5	0.6 1.8	<0.3 1.7	<0.1 <0.1	24.4 20.4	
	e. <i>Parasilurus asotus</i> (Linnaeus) 鮎魚 (1)	6.5	1.7	W	<0.06	1.4	1.7	<0.4	45.1	
	f. <i>Psdenogobio brevirostris</i> Günther (23) 短吻鏢唇魚	6.7	3.0	W	<0.03	0.1	0.3	<0.1	70.7	
	g. <i>Rhirogobius similis</i> (Gill) 沙鯪虎 (11)	4.8	1.4	W	<0.02	0.5	0.3	<0.1	36.7	
	h. <i>Zacco pataypus</i> (Temminck & Schlegel) (15) 平鰱魚	8.4	6.4	M V	<0.02 <0.02	0.1 1.1	<0.3 0.9	<0.1 <0.1	36.8 39.3	
i. <i>Gobiobotia pappenteini</i> Krekenberg (10)	6.5	2.2	W	<0.02	0.1	0.2	<0.1	57.9		
j. <i>Macrobrachium asperulum</i> (Fabricius) (9) 蝦	—	4.7	S	0.02	5.1	<0.2	0.1	11.3		

a. See Fig. 4-1 for sampling stations.

b. W: whole body, S: shelled, M: muscle, V: viscera.

c. Number of individuals per sample.

Table 4-2. Mercury concentrations of shrimp and fishes caught in Ta-tu River.

Sample	Station					
	T3		T4		T7	
a. <i>Macrobrachium asperulum</i> (Fabricius) 蝦	S	0.5	S	0.3	S	0.09
b. <i>Pseudogobio brevirostris</i> Günther 短吻鐘柄魚	—	—	W	1.0	W	0.01
c. <i>Parasilurus asotus</i> (Linnaeus) 鮎魚	V	0.7	—	—	W	0.2
d. <i>Tilapia mossambica</i> Peters 吳郭魚	W	0.2	—	—	M	0.07
					V	0.1
e. <i>Cobitis taenia</i> (Linnaeus) 沙鰻	W	0.5	W	0.5	W	<0.09
f. <i>Oxyurichthy microlepis</i> (Bleeker) 鬚鰻	W	0.2	W	0.4	—	—
g. <i>Mylopharyngodon aethiop</i> (Basilwsky) 青魚	W	0.3	W	0.3	W	0.3
h. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor) 土鰻	W	0.3	M	0.2	M	0.2
			V	0.2	V	0.3

W, M, V, S., See Table 4-1 for abbreviation.

蝦之移動範圍通常有限，因此係水中重金屬污染之極佳指標。除了蝦以外，其他之魚類，如短吻鐘柄魚、鮎魚、吳郭魚、沙鰻等魚，都有同樣的現象。即在大肚橋以下河段捕獲之魚，皆含有較上游為高之汞。由以上之結果，可以得知大肚溪自大肚橋以下，已經受到汞之污染。

是何種原因使大肚橋以下河水，受到汞之污染，筆者等已進行分析大肚溪河水，及底土之汞，將於最近另行報告。

#### IV 摘 要

為知大肚溪受重金屬污染之情形，乃自大肚溪採集魚貝類 16 種，分析其中之鎳、銅、鉛、汞、鋇及鋅之含量。由分析結果推斷，大肚溪似乎尚未受鎳、銅、鋇、鉛、鋅之污染。但由實驗得知採自中下游魚、蝦體內之汞含量高於上游。由此推知，大肚溪之水質自大肚橋以下已受到汞之污染。

#### V 本篇參考文獻

1. Jeng, S.S. and Y. W. Huang (1973). Heavy metal contents in Taiwan's cultured fish. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica*, **12**(2): 79-85.



## 誌 謝

本報告中第二篇「臺灣中部河川之水質及其對魚類之影響」及第三篇「臺灣中部海岸之水質與養殖貝類之大量死亡」二篇論文，原發表於臺灣水產學會刊第五卷第一期，研究經費來自國科會與農復會之補助（計畫號碼 75 (NSC)-A31-0-890）；第四篇「大肚溪之重金屬污染」，原發表於中央研究院動物所集刊十三卷第二期；該刊等准予將其編入本專書，謹在此致以謝意。此外，並感謝國科會及農復會之支助，方使本研究得以完成。

實驗期中，承漁業顧問社陳同白董事長，鹿港鎮漁會劉健元先生，中央氣象局曾文炳科長，臺灣省水利局郭王珍課長，第三水文工作站何財閻主任等提供寶貴資料；臺灣省水產試驗所竹北及鹿港分所惠贈吳郭魚苗；彰化縣政府水產課洪金火課長、許水金先生，臺中港區漁會龍井辦事處張神助先生，彰化縣伸港鄉漁會林蔭庭先生，鹿港鎮漁會輔導組劉健元先生、黃文夫先生等協助採樣；中央研究院植物所鄔宏潘先生協助統計分析，朱玉灼小姐協助編排本書；謹此一併致以感謝之忱。

## 參加工作人員

鄭森雄 (Sen Shyong Jeng)：中央研究院動物研究所，綜理研究計畫之擬定與進行；各項實驗之督導與結果解析；全篇報告之撰寫。

王松賓 (Sung-bin Wang)：臺灣大學海洋研究所，負責大肚溪河川及其沿岸之水質調查實驗、計畫、生物檢定實驗與部份報告之撰寫。

鍾以衡 (I Heng Chung)：東海大學生物系，負責大肚溪金屬調查實驗。

王果行 (Guoo Shyng Wang)、許順堯 (Shun Yao Hsu)：臺灣省立海洋學院，負責水質調查實驗。

協助分析水質人員：張清風、黃登福、柳家瑞、陳松堅、郭俊德、顏聰榮。

現場調查與採樣人員：鄭森雄、王松賓、鍾以衡、王果行、許順堯、張清風、黃登福、柳家瑞、陳松堅、朱震、郭俊德、顏聰榮、蔡憲華、朱玉灼。

## 全文摘要

臺灣中部地區，包括臺中、彰化、雲林等地，是本省農業及養殖漁業中心之一。此地區有許多河川，包括稍北的大安溪、大甲溪、烏溪以及較南的濁水溪等。這些河川的水源，不但孕育了農田稻作，而且使養殖漁業蓬勃發達，實乃此地區最寶貴資源之一。但是，近年來由於工業發達，人口集中城市，這些河川的水源已經開始受到嚴重的破壞，河川的景觀也產生了鉅大的改變。如同嘉義，雲林地區，臺灣中部地區之淺海養殖貝類亦於近年發生大量死亡事件。綜合漁會及漁民的觀察、與記錄、臺中、彰化地區養殖貝類每年春末夏初之大量死亡，似乎皆由於「工業廢水」而引起。但是至今為止，尚無科學的證明。

爲知此等河川之確實現況，及其對魚貝類之影響，乃進行本研究，其目的有三：

1. 調查臺灣中部地區河川之基本水質及其污染狀況，以爲漁、農及工業之參考，並爲今後防治之基本資料。
2. 研討此等河川對淺海養殖貝類之影響，以明臺中、彰化地區養殖貝類死亡與河川水質污染是否確實有關係。
3. 分析此等溪流中魚貝類之重金屬濃度是否過高，以明水中重金屬污染之概況。

由1975年7月起，至1976年5月止，在中部地區之大肚溪、洋厝溪、員林大排水、麥嶼溪及濁水溪等溪流，共進行了10次水質調查，由實驗結果得知下列事實：

1. 臺灣中部溪流，因受降雨之影響，每年十一月至次年四、五月，河水量寡；由四、五月至十一月，則河水量豐。
2. 大肚溪已受臺中市、彰化市工業廢水及部分都市污水之嚴重影響；不論乾季或雨季，水質均劣，河道下游，終年無魚，尤以乾季污染更重。污染最嚴重之處爲臺灣化學纖維公司排水口附近河水。其 COD 幾乎皆在 1000 ppm 以上，pH 在 2~4 之間，且具有強烈急性毒性，即使將河水稀釋至 25%，亦能使吳郭魚在 4 日內死亡過半。
3. 洋厝溪與員林大排水原係供應農田水利灌溉用，但是現在已經成爲衆多工廠之排水溝及彰化、員林等城鎮之下水道。在乾季，其溪水之溶氧甚低，污染較重之溪水，甚至含有急性毒物，其下游經年不見魚跡。
4. 在臺灣中部，爲使乾季有水灌溉農田或供工業使用，在河道上築有許多水閘，或以砂石圍堵，藉以儲水。因此在乾季，工廠排出之廢水乃停留於河床。臺灣中部河川之中上游，在雨季雖然有魚，但在乾季期間，因河水之量日減，相對地廢水之濃度即日增，至某一程度，使河中之魚大量死亡。例如在1976年2月13~14日，即在大肚溪中下游處，發生河魚大量死亡事件。
5. 乾季累積於河床之污染物，在春夏之交，初次大雨來時，一次被沖至河口，使得河口之污



染程度，一時大增。此與雲、嘉地區水污染情形類似。但是在中部地區，因為工廠距離海岸較近，在乾季時，污染物累積於河床之總量可能較少，故被大雨一次沖至河口之污染物可能較少，對沿海貝類之「一次」影響，可能較中南部沿海為輕。但因廢水經常流出，其對沿岸貝類之慢性毒性可能較大。

6. 臺灣中部多數河川，因污染情形嚴重，除令魚類直接死亡絕滅之外；且因水中含有過多之  $\text{SO}_4$  與  $\text{Na}$ ，亦不適於農業灌溉及工業冷卻等用途，必須立刻積極防治。

海岸地區之水質，受河水之影響極大。為知臺灣中部地區近年貝類大量死亡是否確與水質有關，乃由1975年8月至1976年2月共自臺中、彰化地區淺海養殖場採取四次水樣，分析水質。由實驗結果得知：

1. 在雨季之八、九月時，大肚溪河水主要係往北流，即大肚溪河口北岸受河水影響大，鹽度在25.0~30.4‰間，南岸受河水影響較少，鹽度在30.9~30.9‰間。崙尾、鹿港一帶海岸，則普受河水影響，在退潮時，文蛤養殖場海水之鹽度下降至21.7~25.3‰之間。

2. 在乾季之一、二月，大肚溪南北岸及崙尾、鹿港海岸幾乎皆為海水，在此時期，河水流來甚少，即使在最低潮，其鹽度亦分別在32‰及30‰以上。

3. 在雨季，中部地區海岸污染，以大肚溪河口北岸稍重，其他地區尚不十分惡劣。在乾季，則因河川乾涸，污水流至海岸不多，故污染程度較低。然而春末初次大雨後，沿岸海水之污染物一時激增。

4. 在春末初降大雨後，淺海養殖文蛤之死亡率比大雨前顯著增加，經統計分析後，知其可信度在99%以上。然而文蛤之死亡率却不因密度增加而變大，故目前文蛤養殖密度與貝類之大量死亡，顯然無關。

5. 綜合中部河川及其沿岸水質之分析結果，可得之結論為：臺灣中部地區淺海養殖貝類大量死亡之主要原因為河川污染。而使貝類死亡之本體，可能係工廠廢水中之有毒物質。

為知大肚溪河水是否已經遭受重金屬之污染，乃自大肚溪上、中、下游分別捕捉魚貝類，並以原子吸光法測定魚體中重金屬之含量。由實驗得知大肚溪之魚貝類，似乎未受鉛、鋅、鎳、銅之嚴重污染。但是調查後，却發現由大肚溪下游捕獲之各種魚蝦，其汞之含量，遠高於上游同種之魚蝦。由此可知大肚溪自大肚橋以下，已經受到汞之污染。

行政院農委會圖書室



0014507