

台灣西部台西沿岸養殖區域之水質調查研究

黃福銘 周昱翰

摘要

為監控台西沿岸養殖區域之水體水質環境，建立台西海域之水質環境資料並達到預警效果，從 88 年 7 月至 91 年 6 月止，共計三個年度，在雲林台西沿海地區，選定 7 個監測地點進行採樣分析，共計採樣 72 次，分析的項目包含水文及水質資料。經三年調查分析結果，水溫與鹽度隨季節性與區域性而變化。pH 值介於 7.74-8.65 之間，以出海口處較高。懸浮固體量範圍介於 27.17-132.23 mg/L 之間，以 10、11 月之舊虎尾溪出海口監測站 2 較高。溶氧量與 BOD₅ 範圍分別介於 5.90-8.62 mg/L 及 0.50~12.5 mg/L 之間。DO 最低出現在 7 月之舊虎尾溪出海口，最高 BOD₅ 含量出現在 7 月之舊虎尾溪出海口監測站 2。COD 含量範圍介於 1.04-5.82 mg/L 之間，以 7 與 8 月份舊虎尾溪出海口最高。氨-氮含量範圍介於 0.03-1.54 mg/L 之間，最大值出現在舊虎尾溪出海口監測站與隔離水道南面監測站。亞硝酸-氮含量較少，介於 0.007-0.237 mg/L 之間。硝酸-氮與正磷酸-磷濃度範圍介於 0.04-1.25 mg/L 與 0.02-0.26 mg/L 之間。依衛生署海域分類結果，該海域應屬於甲類海域，由調查結果顯示，各年度均有生化需氧量不符合標準的情形，此外，本海域懸浮固體量偏高，將對於各項異常現象持續追蹤。整體而言，此海域水體環境品質，尚可供為水產養殖用水使用。

關鍵詞：台西沿岸養殖區域、水質、水產養殖

前言

臺灣沿近海域的漁業資源，在長期人為「濫捕」與「污染」下遭受嚴重破壞。加上農業、工業的快速發展，以及人口增加，使得西部地區之河川溪流與沿岸海域或多或少遭受污染之威脅。由於本區已劃為雲林縣離島式基礎工業區，將來對本海域之養殖區將面臨工業污染的危機，而以沿岸供為水源之內陸養殖面積約在 1,400 公頃，主要集中台西海埔新生地，而且其淺海養殖面積也

有 50 公頃之多，是雲林縣相當重要之養殖區。因此，沿岸海域水質的變化與養殖區的水體環境有密切的互動關係，如水源遭受污染，必然造成極大的損失。所以，為未雨綢繆，對本海域環境先行實施水質調查研究，目的即在持續監測、分析與建立台西沿岸海域之水體環境資料，以了解本海域之水質環境，作為水質監控之參考及建立預警，

提供養殖戶之參考，以便在必要時採取因應措施。

材料與方法

本調查於 88 年 7 月至 91 年 6 月止，共計 3 個年度，在雲林台西沿海養殖區域之河川溪流或大排水溝之出口，選定 7 個監測地點(如 Fig.1 所示)進行採樣。每兩週視天候前往各監測點採樣乙次，每次採集表層水樣，時間是在滿潮前 60 分鐘內完成，共計採樣 72 次。每次採樣時於現場檢測水溫、pH 值、溶氧量及鹽度。而有關其他水質化學因子，經現場處理後，置於 4°C 採集箱保存攜回實驗室立即進行分析工作。水溫測定使用標準水銀溫度計，鹽度以使用鹽度屈折計 (salinometer S-28) 測定，酸鹼度以 pH/MV meter (METTLER MP125) 測定，溶氧量以 DO Meter (METTLER MO128) 測定。水樣之懸浮固體量(suspended solids, SS)以玻璃纖維過濾法(陳, 1981)加以測定。水中生化需氧量以 OxiTop IS12 電子式壓力計測定 5 天後的生化需氧量。水中化學需氧量係以高錳酸鉀當氧化劑，在鹼性溶液中加熱至沸騰，然後添加碘化鉀，用 0.01N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定測定之(陳, 1981)。而水樣中之亞硝酸-氮、硝酸-氮、正磷酸-磷與氨-氮等營養鹽，則參照陳(1981)、APHA (1985)及日本海洋學會(1979)等使用分光光譜儀(U-2000, HITACHI, Japan)加以測定。

結果

經三年在 72 次採樣監測中，其水文與水質化學因子測定結果如下：

一、溫度、鹽度、酸鹼度與懸浮固體量

台西地區海域 7 個測站在採集時之溫度、鹽度、酸鹼度與懸浮固體量等之資料，其三年來之月平均值如 Table 1，三年之年別變化如 Table 2 所示。三年之水溫、鹽度與 pH 值變化範圍介 13.9-32.9°C、10.0-35.0 ppt 及 7.74-8.65 之間，水溫在各測站之季節變化則大致相同。而在夏季因雨季來臨鹽度較低，以 8 月第 1 測站最低，三年平均鹽度為 23.2 ppt，以隔離水道北面監測站及隔離水道南面監測站之鹽度較高，而近溪流監測站則較淡些。pH 在白天有陽光下，光合作用強，導致 pH 值較高，但在陰雨天則 pH 值有較低之趨勢。懸浮固體三年之月平均值介於 27.17-132.23 mg/L 之間，以第 7 測站之 10、11 月較高，而以第 3、6 測站之 5、6 月最低。

二、溶氧量、生物化學需氧量與化學需氧量

台西沿海地區 7 個測站之溶氧量(DO)、五天生化需氧量(BOD₅)與化學需氧量(COD)其三年來之月平均值如 Table 1，三年之年別變化如 Table. 2 所示。三年之月平均 DO、BOD₅ 與 COD 範圍分別介於 5.90-8.62 mg/L、0.50-12.5 mg/L 及 1.04-5.82 mg/L 之間。DO 最低出現在 7 月之 St.7 監測站其濃度為 5.90 mg/L，其次在 6 月之第 1 監測站，含量為 5.91 mg/L，其他各月份皆在 6 mg/L 以上。而 BOD₅ 濃度最高出現在 7 月之第 7 監測站，其三年之平均值為 12.50 mg/L，由各月份顯示第 7 監測站之 BOD₅ 含量比其他監測站含量較高。另，COD 由月別變化顯示第 7 監測站與第 1 監測站之 COD 濃度比其他測站較高，以 7 與 8 月份最高。

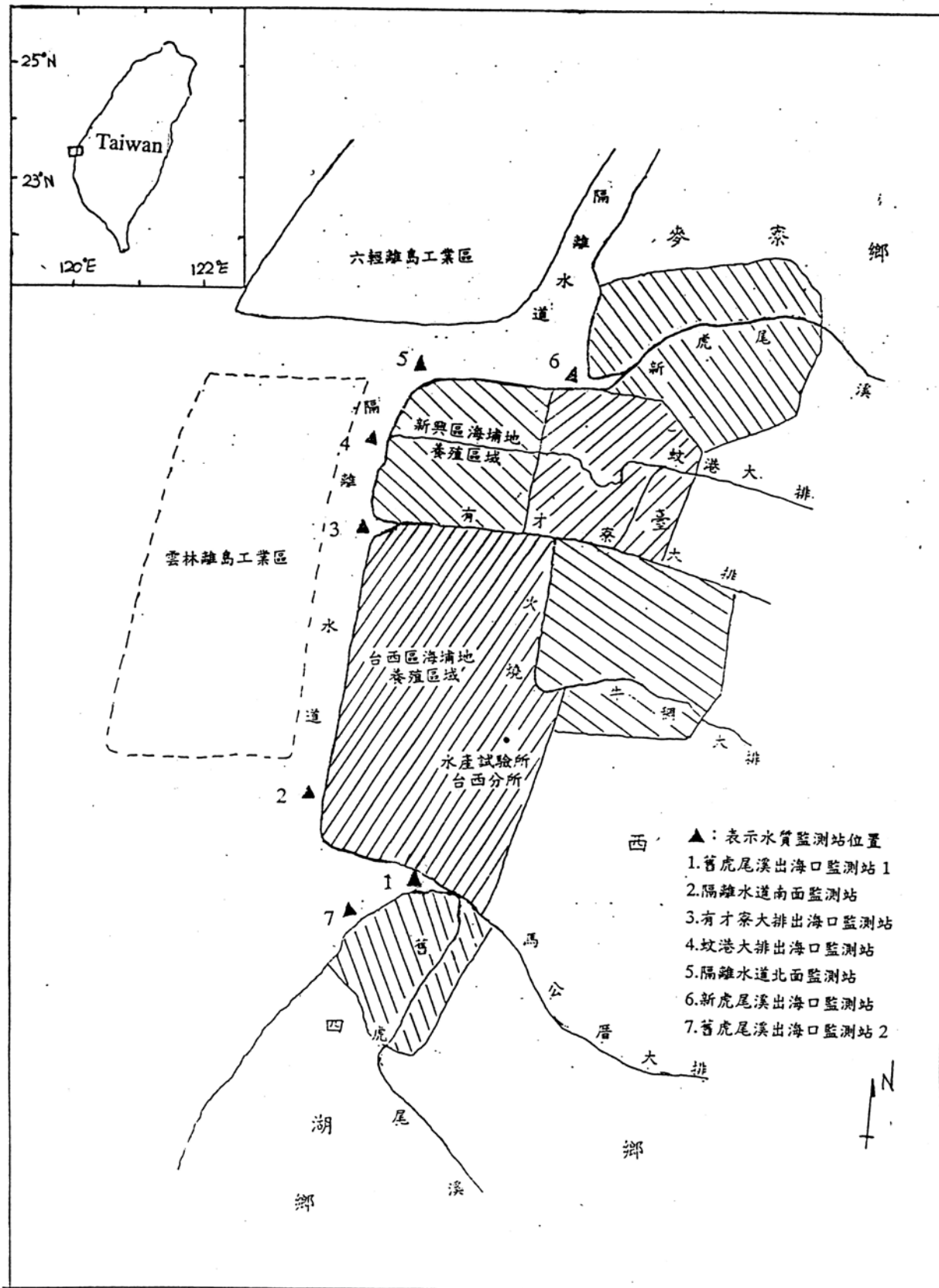


圖 1.台灣西部台西沿岸地區各採樣點位置示意圖

Fig1. Sampling locations in the Tai-Shi coastal area, Taiwan.

三、氨-氮

台西沿海養殖區域 7 個採樣點之氨-氮(ammonia-N)，三年之月平均氨-氮濃度範圍介於 0.03-1.54 mg/L 之間(Table 1)，由月別變化顯示第 7 測站與第 1 測站之氨-氮濃度比其他測站較高，最大值出現在 90 年 4 月 20 日第 1 測站與第 2 測站，分別為 3.96 與 3.75 mg/L。又 88 年 7 月 19 日第 1 測站達 3.59 mg/L，顯示以河川與大排水溝之出海口監測測站之水質較差。

四、化學營養鹽

硝酸-氮(nitrate-N)、亞硝酸-氮(nitrite-N)與正磷酸-磷(orthophosphate-P)等，在三年月平均濃度範圍介於 0.04-1.25 mg/L、0.007-0.237 mg/L 及 0.02-0.26 mg/L 之間(Table 1)，硝酸-氮由月別變化顯示以 5、6 與 10 月份最高，而第 1 與第 7 監測站之濃度比其他測站較高。亞硝酸-氮由月別變化顯示以 4、6 與 10 月份最高，最大值出現在 90 年 4 月 20 日第 2 及第 7 監測站，分別為 0.656 與 0.622 mg/L。正磷酸-磷由月別變化顯示以 4、8 與 10 月份最高，最大值出現在 90 年 4 月 20 日與 90 年 8 月 3 日第 1 監測站，分別為 1.002 與 0.565 mg/L。

討論

一、溫度、鹽度、酸鹼度與懸浮固體量

台西地區海域 7 個測站在採集時之溫度、鹽度、酸鹼度與懸浮固體量等結果如上述所示。水溫、鹽度隨季節性與區域性而變化，而 pH 值介於 7.74-8.65 之間，尚屬正常範圍 (7.5-8.5)。另，

懸浮固體量係由水中之岩石、沙泥等膠狀粒子、微小之有機與無機物質、浮游生物與微細生物等所組成，其與水中之濁度、透明度和水色有關，其三年之月平均值介於 27.17-132.23 mg/L 之間，皆已超過行政院衛生署(1985)公告海域水質之基準，以第 7 測站之 10、11 月較高，而以第 3、6 測站之 5、6 月最低。其中第 7 測站 10、11 月 SS 值偏高之原因，可能為東北季風引起底部泥砂捲揚、或與地形等環境之影響所致。雖然懸浮粒子所造成的濁度不會即刻對魚貝類造成影響，但長期則有害魚類族群正常發育，因懸濁物在鰓中之積存量過多會對呼吸作用與感覺之生理造成影響。但，如懸浮固體為濁泥時，且濃度在 1 與 2 g/L 時會影響牡蠣開殼率、攝食率、成長率之下降與高耗氧量現象(陳, 1981)。懸浮固體會限制光之穿透以及光合作用，泥土粒子之沈澱會使得魚窒息和破壞底層之生物群聚。Grant (1991)發現一種軟殼貝(*Mya arenaria*)長期暴露(35 天)在 100-200 mg/l 的懸浮固體量下，會降低其耗氧量及增加排氮量，進而影響其成長。

二、溶氧量、生物化學需氧量與化學需氧量

水中之氧氣主要來自水生植物與植物性浮游生物的光合作用、人為的曝氣以及大氣的溶解，其含量會隨溫度、大氣壓力及鹽度而異，氧氣在水中溶解度會因溫度或鹽度之增加，使溶氧量減少；而當大氣壓力降低時，溶氧亦相對減少。BOD 的大小可表示為生物可分解有機物的多少，間接指示水域的污染

程度。COD 一般用為表示水中有機物的多寡，其以高錳酸鉀或重鉻酸鉀的消費量來表示。

台西沿海地區 7 個測站之 DO、BOD₅ 與 COD 等結果如上述所示。由 Fig. 2 顯示台西沿海養殖區域海水水質之 DO 與 BOD₅ 的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 等三個年度比較，尚無顯著差異，在 DO 濃度分別為 6.43、7.83 與 7.45 mg/L，而 BOD₅ 濃度分別為 5.58、4.59 與 5.60 mg/L，89 年度有稍微下降之趨勢。另，COD 的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 年度分別為 3.11、2.61 與 1.50 mg/L，而有逐年下降之趨勢。

Raible (1975)認為魚類的成長與水中溶氧成正比，水中溶氧高時攝食率強，一般溶氧降至 3 mg/L 時，攝食率會減少，降至 2 mg/L 時，則停止攝食 (Simco, 1976)。因此，各採樣點三年來的溶氧量均在 6.0 mg/L 以上，變化應不致於影響魚類的成長。而由 Table 2 指出各年度各測站之 BOD₅ 平均值均高於 3.71 mg/L 以上，其中 90 年度第 1、5、6、7 監測站測站之 BOD₅ 平均值均在於 5.0 mg/L 以上，顯示在河川、溪流、溝渠等地區附近，因有淡水、家庭廢水及農工業污水排入，含有過量之有機物而高於常值，呈富營養化狀態。行政院衛生署(1985)公告甲、乙與丙類海域水質標準，在水體之溶氧分別不得低於 5.0、5.0 與 2.0 mg/L，而 BOD₅ 值不得高於 2、3 與 6 mg/L。由以上三年總體顯示 DO 尚合乎甲、乙類海域水質標準，但若依 BOD₅ 年度總平均值均高於 5 mg/L 以上，屬 α -中腐性水域，其有機污染已達中度污染程度，對其上、中

游污染源應多加注意防範。

三、氨-氮

水中氨是由魚蝦貝類的新陳代謝或微生物分解有機質時而來的，其以兩種型式存在，一為非離子化之氨 (NH₃)，另一為以銨離子 (NH₄⁺) 型式存在。水中氨之濃度隨溫度與 pH 變化，一般魚在含 0.6~2.0 mg/L 氨-氮之水中即有中毒現象，而魚類長期忍受氨-氮限度為 0.25 mg/L。以往的研究發現，水中氨-氮濃度在 280 μ g/L 時，會使文蛤幼貝的濾食率降低 50%。氨-氮對海水貝類之 96 小時的 LC₅₀ 為 3.3-6.0 mg/L (Colt and Armstrong, 1981)。

台西沿海養殖區域 7 個採樣點之氨-氮，結果如上述所示。由 Table 2 指出 90 年度第 1、7 監測站之氨-氮平均值均在於 0.25 mg/L 以上，顯示該測站之水質呈富營養化狀態。另，由 Fig. 3 顯示台西沿海養殖區域海水水質之氨-氮的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 年度分別為 0.383、0.334 與 0.189 mg/L，而有逐年下降之趨勢。

四、化學營養鹽

化學營養鹽如硝酸鹽、亞硝酸鹽與磷酸鹽等，係水中植物與藻類進行光合作用、生長與生存所必須之營養素。

台西沿海養殖區域 7 個採樣點之硝酸-氮、亞硝酸-氮與正磷酸-磷等結果如上述所示。雖然硝酸-氮的毒性比較弱，但其對文蛤 (*Meretrix lusoria*) 的影響，根據研究報告指出，水中硝酸-氮濃度在 2500 mg/L 會使文蛤幼貝的濾食率降低 50%，硝酸-氮對海水貝類之 96 小時的 LC₅₀ 為 2600-3800 mg/L。由 Fig.

Table 1. Means of water temperature, salinity, pH, SS, DO, BOD, COD, ammonia-N, nitrite-N, nitrate-N and orthophosphate-P in the Tai-Shi coastal area during 1999 and 2001.

Temperature (°C)

St. No.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	18.2±2.0	18.9±2.2	21.8±3.2	25.3±1.8	28.3±2.1	29.6±1.4	28.9±1.0	29.3±1.4	27.9±1.6	26.9±1.7	22.2±1.6	20.2±1.9
2	18.1±2.1	19.0±2.3	22.6±3.3	25.2±2.0	28.0±2.4	29.7±1.5	29.2±0.9	29.0±1.5	27.6±1.8	27.1±1.9	22.2±1.6	20.5±1.8
3	18.5±1.7	18.9±2.7	22.3±2.9	25.4±1.6	27.9±1.6	29.4±0.8	29.0±0.9	29.4±1.3	28.2±1.3	26.6±1.8	22.4±1.7	20.3±2.0
4	18.2±1.7	18.9±2.3	21.6±3.0	25.8±1.9	27.8±1.5	29.1±1.1	29.2±0.9	29.1±1.2	28.0±1.2	26.7±1.6	22.3±1.7	20.1±1.8
5	18.3±1.8	18.3±2.5	21.8±3.1	25.7±1.7	27.7±1.6	29.4±1.3	29.5±0.8	29.6±1.5	28.2±1.4	27.1±1.7	22.4±1.8	20.2±1.7
6	18.5±1.8	18.8±2.5	22.0±3.0	25.5±1.7	27.8±1.7	29.7±1.1	29.4±1.1	29.8±1.5	28.6±1.6	27.3±1.7	22.3±1.8	20.5±1.9
7	18.0±2.3	18.9±2.3	22.8±2.9	25.7±2.6	28.3±2.6	29.9±2.0	29.4±1.0	28.8±0.7	28.1±2.1	27.1±1.7	22.4±1.6	20.8±1.9

Salinity (ppt)

1	31.3±1.0	32.0±1.3	30.5±0.8	29.8±4.5	26.2±5.4	24.5±6.3	29.5±4.5	23.2±4.0	24.8±7.7	31.2±1.0	31.8±1.3	31.3±2.0
2	31.3±1.4	32.5±1.4	30.5±0.8	32.0±1.1	30.5±3.0	28.7±3.2	30.3±4.3	27.5±4.2	30.5±1.4	31.7±0.5	31.8±2.3	31.5±1.6
3	32.3±1.4	32.8±1.0	30.7±1.5	31.8±1.0	31.0±3.2	29.3±3.4	31.0±4.0	29.7±3.3	31.5±4.9	33.5±1.6	33.8±1.2	32.2±1.5
4	32.2±1.5	32.8±1.8	31.5±2.0	32.5±1.8	30.7±2.3	30.0±2.0	31.3±2.7	30.3±2.8	32.7±2.9	33.2±1.5	33.7±1.5	32.7±1.4
5	32.3±0.8	32.3±2.4	31.8±1.8	32.7±1.8	30.0±2.5	30.3±2.0	30.8±3.1	30.2±3.1	31.7±3.4	32.5±1.1	33.8±1.2	32.3±1.9
6	31.7±1.4	32.2±1.6	31.0±0.9	31.8±1.3	29.3±2.0	27.5±5.6	31.0±2.4	29.8±1.9	31.3±3.9	32.0±2.0	33.3±1.2	32.0±2.1
7	28.7±2.1	30.5±0.8	29.7±1.0	30.5±2.1	27.7±2.8	26.3±2.9	31.2±2.6	26.5±2.4	27.2±4.9	28.0±4.2	28.5±2.8	29.7±3.6

pH

1	8.14±0.06	8.21±0.16	8.25±0.15	8.22±0.14	8.22±0.09	8.25±0.13	8.06±0.17	8.00±0.12	8.12±0.19	8.13±0.06	8.14±0.05	8.12±0.06
2	8.13±0.05	8.21±0.18	8.30±0.18	8.23±0.11	8.24±0.12	8.33±0.07	8.20±0.12	8.14±0.12	8.17±0.12	8.13±0.04	8.16±0.05	8.14±0.06
3	8.18±0.06	8.23±0.16	8.31±0.17	8.24±0.13	8.32±0.15	8.37±0.08	8.32±0.12	8.26±0.14	8.25±0.12	8.20±0.05	8.18±0.03	8.17±0.06
4	8.15±0.06	8.26±0.14	8.29±0.18	8.22±0.15	8.29±0.11	8.40±0.09	8.32±0.12	8.24±0.15	8.23±0.13	8.17±0.05	8.17±0.05	8.17±0.05
5	8.18±0.05	8.26±0.15	8.33±0.20	8.25±0.13	8.35±0.17	8.34±0.05	8.33±0.11	8.25±0.14	8.25±0.11	8.19±0.04	8.17±0.02	8.18±0.05
6	8.21±0.06	8.26±0.15	8.35±0.19	8.25±0.10	8.28±0.10	8.28±0.09	8.33±0.13	8.26±0.16	8.24±0.16	8.22±0.07	8.19±0.04	8.20±0.05
7	8.06±0.07	8.11±0.16	8.15±0.15	8.18±0.07	8.15±0.07	8.19±0.21	8.04±0.07	7.98±0.09	8.03±0.10	8.01±0.07	8.05±0.09	8.04±0.07

Table 1. Continue

SS (mg/L)

St. No.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	65.43±24.18	56.80±9.07	63.73±19.70	33.40±23.46	34.13±18.30	38.63±20.50	35.01±11.99	40.16±18.02	41.23±33.31	81.00±52.19	90.47±27.27	73.72±34.26
2	39.40±6.48	60.00±24.90	57.77±22.39	31.58±12.68	33.20±18.24	33.15±16.10	31.73±13.44	33.75±16.39	38.23±21.62	62.97±35.69	65.10±12.24	68.42±8.60
3	52.15±29.95	60.73±23.51	57.53±22.26	32.43±16.78	32.80±19.93	30.03±14.65	33.61±10.95	47.00±30.15	39.43±18.93	72.67±40.99	78.47±26.84	84.60±34.22
4	56.33±36.14	69.23±33.76	42.70±8.45	39.63±15.50	34.17±7.60	31.30±16.31	41.30±23.07	44.95±25.15	38.97±18.09	87.20±60.17	90.13±31.76	80.98±20.74
5	57.05±27.45	75.87±28.10	69.83±49.33	37.57±19.64	37.50±23.61	46.83±24.56	51.55±20.41	68.58±37.20	51.12±30.96	86.87±49.52	96.77±25.02	93.48±32.56
6	44.32±22.92	89.53±65.02	67.80±22.11	31.17±17.46	27.17±16.24	34.78±16.26	42.80±40.36	40.76±19.51	44.23±37.65	58.67±27.54	90.07±31.80	78.97±21.71
7	60.75±54.68	113.63±71.33	70.07±51.83	50.77±31.39	28.40±12.53	32.38±14.66	53.40±25.29	49.99±12.94	43.67±15.06	129.83±103.71	132.23±50.76	127.57±38.24

DO (mg/L)

1	8.32±0.67	7.22±1.51	7.56±1.28	6.93±1.41	6.63±1.56	5.91±1.01	6.20±1.45	6.99±1.26	6.55±1.94	6.55±1.39	7.14±1.02	8.32±0.45
2	8.20±0.67	7.76±1.31	7.69±1.48	7.43±1.50	7.00±1.39	6.79±0.82	6.73±1.06	7.48±1.02	6.59±1.85	6.99±1.17	7.24±1.16	8.26±0.76
3	8.49±0.67	7.65±1.24	7.76±1.50	7.33±1.29	6.84±1.27	6.48±0.82	6.80±1.19	7.64±0.72	6.67±1.52	7.04±1.25	7.17±1.04	8.43±1.07
4	8.09±0.64	7.92±1.24	7.79±1.65	7.11±1.23	7.24±1.30	6.80±0.69	6.77±1.17	7.59±0.58	6.81±1.60	6.97±1.18	7.11±1.19	8.62±0.93
5	8.41±0.61	7.74±1.21	7.58±1.33	7.07±1.63	7.15±1.54	6.56±0.87	6.62±1.15	7.26±0.51	6.74±1.64	6.82±1.13	7.10±1.24	8.33±0.85
6	8.20±0.38	7.65±1.20	7.69±1.19	7.21±1.49	6.83±1.70	6.38±0.63	6.68±1.15	7.41±0.60	7.05±1.05	6.81±1.11	6.90±1.12	8.18±0.45
7	8.00±0.59	7.67±0.94	7.47±1.19	6.99±1.48	6.72±0.99	6.32±0.54	5.90±1.29	6.67±0.97	6.26±1.50	6.70±1.59	7.46±1.18	7.92±0.84

BOD (mg/L)

1	1.83±0.98	1.83±0.75	1.50±1.05	7.83±8.35	8.17±3.54	6.17±5.98	12.33±4.03	8.83±5.85	6.67±2.58	6.17±3.43	4.00±3.16	1.50±1.38
2	1.33±1.03	2.33±0.82	1.67±0.82	4.83±3.76	6.00±5.87	4.50±3.89	11.17±3.76	7.00±4.94	6.33±3.27	6.00±3.29	3.67±3.20	2.33±1.21
3	1.67±1.63	1.00±0.89	1.17±0.75	5.33±4.80	6.17±4.36	3.67±3.88	9.83±5.19	7.00±4.98	5.17±2.04	5.17±3.25	3.50±3.56	0.50±0.55
4	1.67±1.63	1.67±1.51	0.67±1.21	7.67±3.93	6.83±5.60	4.50±4.28	10.50±4.04	7.50±5.32	5.50±2.35	6.83±4.02	3.83±3.97	0.83±0.75
5	1.33±0.82	1.33±0.82	0.67±0.82	6.00±4.10	9.33±3.83	5.00±4.24	9.33±4.93	7.83±4.96	5.50±2.66	6.33±3.39	3.00±3.16	0.83±0.75
6	1.67±1.03	0.83±0.41	2.00±2.68	6.00±5.06	9.17±5.27	6.00±6.87	11.00±3.46	9.33±7.12	7.50±2.81	6.83±3.43	3.83±3.54	1.67±1.21
7	4.67±4.80	2.17±1.47	2.00±1.90	9.83±7.08	7.67±4.27	9.83±9.13	12.50±2.81	10.33±5.75	9.50±6.09	9.67±3.78	5.50±3.78	3.33±1.37

Table 1. Continue

COD (mg/L)

St. No.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	1.46±0.89	2.88±2.69	3.41±3.31	3.91±3.21	1.93±1.92	2.21±1.80	4.29±3.54	5.82±4.59	4.00±2.32	1.02±1.05	1.37±1.27	1.53±1.21
2	2.25±1.60	1.23±0.99	3.71±3.42	2.57±1.69	1.81±1.44	1.63±1.38	2.26±1.79	2.98±2.06	2.73±2.40	1.38±1.40	1.75±1.74	1.33±1.04
3	1.24±1.09	3.05±4.06	2.87±3.53	2.20±1.97	1.62±1.73	1.32±1.36	1.36±1.81	2.27±2.04	2.45±1.85	1.48±1.33	1.31±0.62	1.50±0.46
4	1.24±1.07	3.44±3.45	4.38±3.59	2.02±1.85	3.33±5.45	1.60±1.54	3.20±3.52	3.62±1.52	3.34±3.19	1.06±1.05	2.08±0.71	1.67±0.91
5	1.15±0.96	2.65±2.20	4.09±3.35	1.86±1.29	1.37±0.69	1.04±1.04	2.35±3.36	4.16±2.16	1.64±1.50	2.27±1.75	1.74±0.65	1.55±1.33
6	1.62±1.40	1.69±0.72	3.73±3.16	1.89±2.13	1.65±1.00	2.35±1.47	2.87±2.53	2.56±2.12	2.85±2.26	1.22±1.05	1.63±0.85	1.90±0.67
7	2.27±1.19	2.88±1.28	4.21±2.99	3.52±1.79	2.54±2.53	2.62±1.75	4.25±2.31	3.79±2.53	4.05±2.94	1.73±1.06	2.72±1.63	2.67±0.75

Ammonia-N (mg/L)

1	0.36±0.15	0.21±0.14	0.38±0.30	0.96±1.50	0.24±0.20	0.31±0.17	1.50±1.48	1.54±1.39	0.55±0.45	0.72±1.17	0.19±0.10	0.19±0.12
2	0.48±0.36	0.27±0.31	0.19±0.14	0.80±1.45	0.13±0.17	0.19±0.15	0.53±0.49	0.43±0.30	0.29±0.13	0.25±0.15	0.33±0.05	0.22±0.18
3	0.12±0.03	0.10±0.05	0.10±0.12	0.22±0.28	0.03±0.03	0.08±0.04	0.15±0.11	0.11±0.06	0.16±0.19	0.07±0.03	0.06±0.02	0.11±0.10
4	0.18±0.06	0.08±0.05	0.21±0.11	0.17±0.08	0.30±0.52	0.21±0.26	0.10±0.06	0.09±0.05	0.12±0.08	0.16±0.12	0.10±0.05	0.06±0.03
5	0.16±0.07	0.10±0.08	0.25±0.16	0.18±0.13	0.13±0.15	0.07±0.04	0.09±0.04	0.13±0.07	0.10±0.07	0.12±0.04	0.07±0.07	0.13±0.10
6	0.18±0.09	0.19±0.13	0.25±0.23	0.13±0.08	0.08±0.09	0.27±0.44	0.15±0.08	0.14±0.10	0.16±0.13	0.13±0.14	0.16±0.07	0.09±0.06
7	0.32±0.36	0.44±0.37	0.59±0.33	0.53±0.30	0.56±0.58	0.65±0.48	0.92±0.68	0.65±0.67	0.84±0.61	1.28±1.17	0.49±0.41	0.32±0.26

Nitrite-N (mg/L)

1	0.040±0.038	0.033±0.029	0.054±0.028	0.151±0.102	0.237±0.237	0.178±0.195	0.086±0.063	0.074±0.053	0.056±0.043	0.054±0.022	0.023±0.011	0.022±0.005
2	0.032±0.017	0.030±0.022	0.030±0.024	0.144±0.252	0.038±0.027	0.046±0.044	0.033±0.020	0.032±0.016	0.044±0.018	0.047±0.023	0.031±0.022	0.099±0.125
3	0.013±0.002	0.015±0.008	0.012±0.005	0.091±0.190	0.012±0.007	0.010±0.006	0.010±0.007	0.014±0.014	0.028±0.019	0.037±0.022	0.014±0.009	0.019±0.009
4	0.019±0.012	0.020±0.012	0.062±0.104	0.061±0.080	0.022±0.019	0.011±0.008	0.007±0.004	0.011±0.007	0.020±0.020	0.040±0.024	0.016±0.011	0.018±0.009
5	0.014±0.005	0.019±0.011	0.017±0.009	0.023±0.010	0.024±0.019	0.013±0.020	0.009±0.004	0.014±0.006	0.024±0.019	0.039±0.023	0.017±0.011	0.016±0.005
6	0.040±0.041	0.047±0.040	0.029±0.017	0.021±0.011	0.011±0.012	0.065±0.076	0.009±0.004	0.017±0.011	0.024±0.015	0.048±0.023	0.068±0.079	0.022±0.010
7	0.141±0.157	0.104±0.108	0.102±0.089	0.118±0.097	0.231±0.282	0.161±0.198	0.112±0.097	0.045±0.040	0.073±0.014	0.102±0.071	0.084±0.054	0.097±0.084

Table 1. Continue

Nitrate-N (mg/L)

St. No.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	0.16±0.19	0.15±0.15	0.29±0.26	0.77±0.57	1.05±1.42	0.57±0.47	0.75±0.50	0.84±0.58	0.56±0.42	1.25±1.45	0.14±0.10	0.20±0.13
2	0.18±0.13	0.16±0.12	0.31±0.28	0.79±1.14	0.18±0.15	0.23±0.15	0.36±0.16	0.31±0.10	0.25±0.18	0.31±0.08	0.18±0.12	0.51±0.64
3	0.07±0.04	0.08±0.04	0.12±0.09	0.55±1.08	0.05±0.07	0.04±0.02	0.11±0.06	0.13±0.10	0.17±0.10	0.18±0.08	0.12±0.08	0.15±0.09
4	0.11±0.09	0.09±0.09	0.13±0.06	0.15±0.08	0.14±0.20	0.09±0.07	0.09±0.05	0.09±0.10	0.15±0.13	0.22±0.10	0.13±0.09	0.15±0.14
5	0.10±0.05	0.10±0.08	0.14±0.06	0.13±0.08	0.14±0.19	0.07±0.06	0.08±0.07	0.18±0.25	0.14±0.05	0.24±0.08	0.12±0.10	0.13±0.10
6	0.14±0.13	0.19±0.17	0.14±0.10	0.14±0.08	0.13±0.19	0.14±0.25	0.19±0.19	0.10±0.08	0.16±0.07	0.47±0.62	0.32±0.17	0.23±0.23
7	0.76±0.73	0.42±0.35	0.54±0.37	0.41±0.27	1.22±1.50	1.08±0.83	0.81±0.29	0.49±0.31	0.41±0.35	0.82±0.28	0.29±0.20	0.49±0.45

Orthophosphate-P (mg/L)

1	0.06±0.02	0.05±0.02	0.07±0.03	0.22±0.38	0.12±0.11	0.09±0.02	0.14±0.06	0.25±0.17	0.12±0.04	0.08±0.05	0.05±0.02	0.05±0.01
2	0.06±0.03	0.04±0.03	0.08±0.07	0.19±0.31	0.04±0.02	0.06±0.04	0.08±0.04	0.07±0.03	0.07±0.01	0.06±0.03	0.06±0.01	0.06±0.01
3	0.04±0.04	0.02±0.01	0.03±0.01	0.07±0.12	0.03±0.03	0.05±0.05	0.04±0.04	0.02±0.02	0.05±0.03	0.03±0.02	0.03±0.01	0.03±0.01
4	0.03±0.02	0.03±0.01	0.05±0.04	0.02±0.02	0.03±0.03	0.04±0.02	0.03±0.02	0.03±0.02	0.07±0.08	0.04±0.02	0.03±0.01	0.03±0.01
5	0.03±0.02	0.03±0.02	0.06±0.04	0.03±0.02	0.03±0.02	0.03±0.02	0.03±0.03	0.04±0.02	0.04±0.03	0.05±0.02	0.07±0.08	0.04±0.01
6	0.03±0.02	0.06±0.05	0.09±0.08	0.04±0.03	0.08±0.09	0.07±0.07	0.04±0.02	0.04±0.01	0.05±0.03	0.06±0.05	0.06±0.02	0.04±0.02
7	0.11±0.06	0.07±0.04	0.14±0.06	0.11±0.07	0.16±0.10	0.06±0.10	0.15±0.10	0.17±0.02	0.20±0.11	0.26±0.23	0.12±0.03	0.11±0.04

Table 2. Water parameters in various sampling stations of Tai-Shi coastal area during 1999 and 2001.

Station No.	Year	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	D.O. (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	S.S. (mg/L)	Ammonia-N (mg/L)	Nitrite-N (mg/L)	Nitrate-N (mg/L)	Phosphate (mg/L)
1	88	24.2±5.5 (14.5~31.8)	28.5±4.9 (20.0~34.0)	8.11±0.12 (7.86~8.39)	6.02±1.49 (3.22~9.21)	3.86±3.44 (0.06~14.46)	5.88±4.41 (1~15)	45.53±27.90 (7.4~100.6)	0.82±1.05 (0.126~3.594)	0.049±0.036 (0.014~0.134)	0.38±0.47 (ND~1.601)	0.09±0.06 (0.010~0.233)
	89	25.0±3.9 (18.0~30.1)	27.9±4.8 (17.0~34.0)	8.21±0.15 (7.92~8.51)	7.72±1.21 (4.55~9.15)	3.17±2.65 (0.07~9.13)	5.04±4.99 (0~17)	65.29±39.64 (15.2~164.0)	0.70±1.04 (0.062~3.961)	0.123±0.165 (0.008~0.580)	0.79±0.80 (0.032~3.002)	0.14±0.20 (0.027~1.002)
	90	25.1±4.0 (18.3~31.0)	30.2±4.7 (10.0~34.0)	8.14±0.11 (7.74~8.30)	7.34±0.84 (5.84~8.88)	1.42±1.20 (ND~4.59)	5.79±5.82 (1~20)	52.62±21.60 (19.4~112.0)	0.26±0.31 (0.003~1.067)	0.080±0.087 (0.002~0.304)	0.52±0.81 (0.012~4.044)	0.10±0.11 (0.026~0.565)
2	88	24.4±5.5 (14.4~32.6)	30.1±2.9 (25.0~34.0)	8.15±0.08 (8.02~8.37)	6.51±1.37 (3.20~9.53)	2.75±1.76 (ND~6.24)	5.33±3.90 (1~14)	41.33±25.84 (4.2~93.8)	0.47±0.31 (0.136~1.279)	0.032±0.015 (0.013~0.076)	0.23±0.15 (0.008~0.576)	0.08±0.05 (0.003~0.180)
	89	25.0±3.9 (17.6~30.1)	30.3±2.9 (25.0~35.0)	8.28±0.13 (8.13~8.56)	8.00±1.10 (5.62~9.51)	2.36±2.20 (0.18~9.10)	4.17±4.29 (1~14)	48.50±25.5 (10.1~132.0)	0.40±0.73 (0.020~3.750)	0.067±0.128 (0.013~0.656)	0.43±0.59 (0.052~3.075)	0.09±0.15 (0.022~0.797)
	90	25.1±3.9 (18.2~30.7)	31.8±1.6 (28.0~35.0)	8.16±0.10 (7.94~8.44)	7.53±0.72 (6.26~8.86)	1.30±1.24 (0.02~4.12)	4.79±4.25 (0~17)	49.00±15.17 (28.0~91.4)	0.16±0.16 (0.004~0.500)	0.053±0.069 (0.004~0.302)	0.28±0.35 (0.012~1.352)	0.04±0.03 (ND~0.104)
3	88	24.2±5.2 (15.4~30.3)	31.6±2.7 (25.0~35.0)	8.22±0.11 (8.07~8.45)	6.51±1.30 (3.77~9.47)	2.41±2.43 (ND~11.08)	4.38±3.51 (1~12)	43.32±30.63 (5.6~99.6)	0.09±0.06 (0.024~0.249)	0.015±0.013 (ND~0.064)	0.10±0.07 (0.014~0.250)	0.03±0.02 (0.010~0.078)
	89	25.3±3.9 (17.7~30.2)	31.4±3.1 (25.0~35.0)	8.34±0.12 (8.15~8.57)	8.04±1.07 (5.54~9.72)	2.20±2.19 (0.18~9.51)	3.71±3.61 (0~11)	58.17±36.91 (17.6~130.0)	0.13±0.15 (0.010~0.731)	0.036±0.095 (0.002~0.478)	0.22±0.54 (0.013~2.744)	0.06±0.06 (0.006~0.310)
	90	25.1±3.9 (18.5~31.0)	32.0±2.6 (22.0~35.0)	8.19±0.09 (8.05~8.42)	7.52±0.81 (6.04~9.04)	1.06±0.86 (ND~3.54)	4.46±5.25 (0~20)	53.88±18.15 (33.2~115.6)	0.11±0.12 (0.003~0.529)	0.018±0.012 (0.003~0.042)	0.11±0.10 (0.005~0.332)	0.03±0.02 (ND~0.102)
4	88	24.1±5.3 (15.1~30.8)	32.7±2.2 (27.0~35.0)	8.24±0.13 (8.10~8.59)	6.69±1.41 (3.59~9.88)	3.77±2.78 (ND~9.68)	5.88±4.00 (0~13)	42.46±26.43 (7.2~119.0)	0.15±0.19 (0.003~0.398)	0.017±0.014 (ND~0.068)	0.09±0.09 (ND~0.294)	0.03±0.02 (ND~0.059)
	89	25.0±4.0 (18.0~30.0)	31.5±2.4 (27.0~35.0)	8.31±0.12 (8.14~8.52)	7.88±1.02 (5.70~9.62)	2.63±3.30 (0.08~14.42)	4.17±4.25 (0~12)	63.16±41.49 (16.2~166.0)	0.17±0.28 (ND~1.346)	0.038±0.067 (0.003~0.274)	0.15±0.12 (0.003~0.053)	0.04±0.02 (0.010~0.066)
	90	25.0±3.9 (18.8~30.7)	31.7±1.9 (28.0~35.0)	8.17±0.09 (8.03~8.37)	7.63±0.83 (6.08~9.50)	1.35±1.01 (0.09~4.05)	4.46±5.14 (0~18)	58.61±27.43 (29.2~160.2)	0.12±0.10 (ND~0.360)	0.022±0.013 (0.003~0.042)	0.14±0.10 (0.014~0.334)	0.04±0.05 (ND~0.220)
5	88	24.3±5.4 (15.1~31.2)	32.5±2.1 (27.0~34.0)	8.23±0.11 (8.08~8.45)	6.53±1.40 (3.60~9.13)	2.60±2.04 (ND~9.02)	4.79±3.89 (0~13)	56.75±41.02 (7.8~168.0)	0.15±0.08 (ND~0.270)	0.018±0.014 (ND~0.066)	0.11±0.10 (ND~0.328)	0.04±0.02 (0.014~0.088)
	89	25.3±4.1 (17.3~30.9)	30.8±2.5 (27.0~35.0)	8.34±0.14 (8.16~8.65)	7.81±1.16 (5.12~9.68)	2.16±2.33 (0.03~9.68)	3.92±3.55 (0~10)	69.90±37.39 (16.5~148.0)	0.11±0.09 (0.011~0.371)	0.022±0.019 (0.004~0.069)	0.14±0.10 (0.026~0.394)	0.04±0.04 (0.011~0.236)
	90	25.1±4.0 (18.7~31.5)	31.9±2.1 (25.0~35.0)	8.20±0.07 (8.07~8.40)	7.50±0.77 (6.18~9.09)	1.35±1.01 (0.02~6.86)	5.42±5.40 (0~19)	66.60±27.46 (33.4~150.4)	0.11±0.12 (0.002~0.461)	0.018±0.010 (ND~0.035)	0.15±0.14 (ND~0.669)	0.04±0.03 (0.056~0.135)

Table 2. Continue

Station No.	Year	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	D.O. (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	S.S. (mg/L)	Ammonia-N (mg/L)	Nitrite-N (mg/L)	Nitrate-N (mg/L)	Phosphate (mg/L)
6	88	24.4±5.4 (15.4~31.3)	31.9±2.2 (27.0~35.0)	8.24±0.09 (8.10~8.40)	6.54±1.10 (4.94~8.80)	2.59±1.80 (0.28~7.20)	5.96±5.05 (0~19)	41.34±32.16 (8.4~136.4)	0.13±0.08 (ND~0.273)	0.018±0.014 (ND~0.062)	0.12±0.09 (ND~0.296)	0.04±0.03 (0.007~0.125)
	89	25.3±4.0 (17.3~30.9)	30.7±2.0 (27.0~35.0)	8.34±0.13 (8.15~8.62)	7.80±1.08 (5.41~9.34)	2.29±2.07 (0.32~9.57)	4.21±3.99 (0~11)	55.60±31.13 (19.2~114.0)	0.15±0.11 (ND~0.389)	0.026±0.023 (0.004~0.096)	0.21±0.34 (ND~1.723)	0.06±0.05 (0.014~0.200)
	90	25.2±4.2 (18.4~31.9)	30.6±3.7 (17.0~35.0)	8.18±0.08 (7.95~8.32)	7.41±0.88 (6.04~9.03)	1.62±1.34 (ND~5.25)	6.29±5.89 (0~18)	65.63±40.91 (19.0~193.6)	0.20±0.25 (ND~1.166)	0.057±0.056 (0.001~0.197)	0.26±0.21 (0.036~0.656)	0.07±0.06 (0.010~0.249)
7	88	24.6±5.5 (13.9~32.9)	29.8±3.3 (24.0~35.0)	8.06±0.11 (7.92~8.34)	6.22±1.37 (3.76~9.13)	3.80±2.50 (ND~8.79)	6.88±4.27 (1~14)	62.23±50.22 (8.6~172.4)	0.86±0.50 (0.031~1.865)	0.059±0.029 (0.015~0.109)	0.48±0.27 (0.029~1.029)	0.19±0.15 (0.001~0.560)
	89	25.1±4.0 (17.9~31.7)	27.7±2.3 (23.0~31.0)	8.13±0.11 (7.92~8.39)	7.56±1.18 (5.64~9.63)	3.44±1.78 (0.69~6.45)	6.92±5.81 (0~22)	81.61±66.17 (25.4~314.0)	0.67±0.75 (0.020~3.587)	0.133±0.163 (0.006~0.622)	0.76±0.87 (0.015~3.163)	0.12±0.07 (0.042~0.283)
	90	25.3±4.1 (18.1~31.6)	28.5±3.3 (19.0~33.0)	8.06±0.13 (7.86~8.55)	7.24±0.69 (5.81~8.53)	2.07±1.24 (0.27~5.31)	7.96±6.83 (0~24)	79.33±59.01 (15.0~232.8)	0.37±0.37 (ND~1.046)	0.151±0.131 (0.001~0.506)	0.69±0.57 (0.041~2.144)	0.13±0.05 (0.046~0.280)

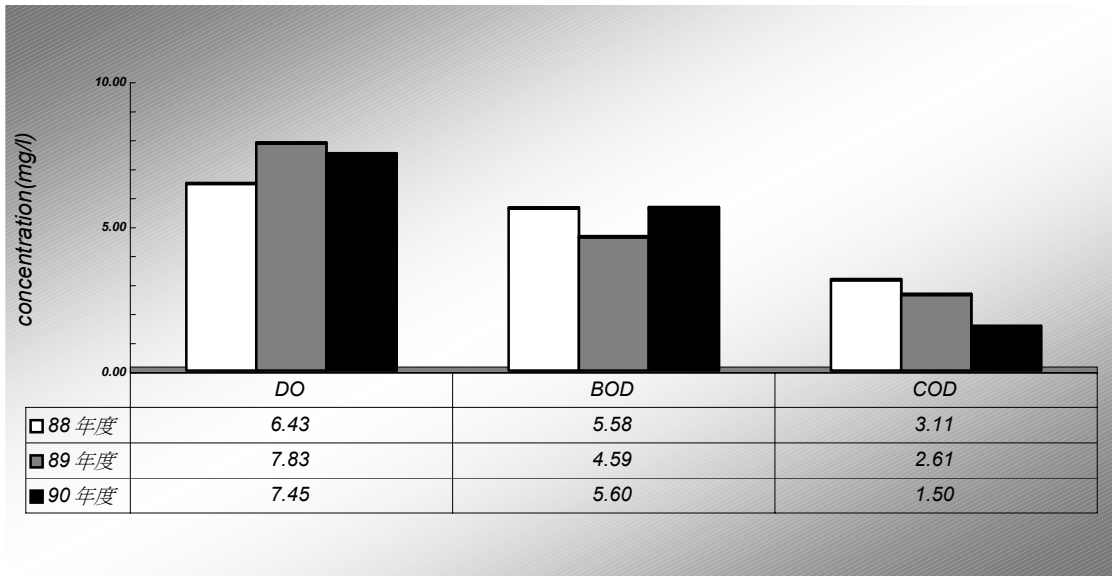


Fig. 2. Annual average concentrations of DO, BOD and COD in the Tai-Shi coastal area.

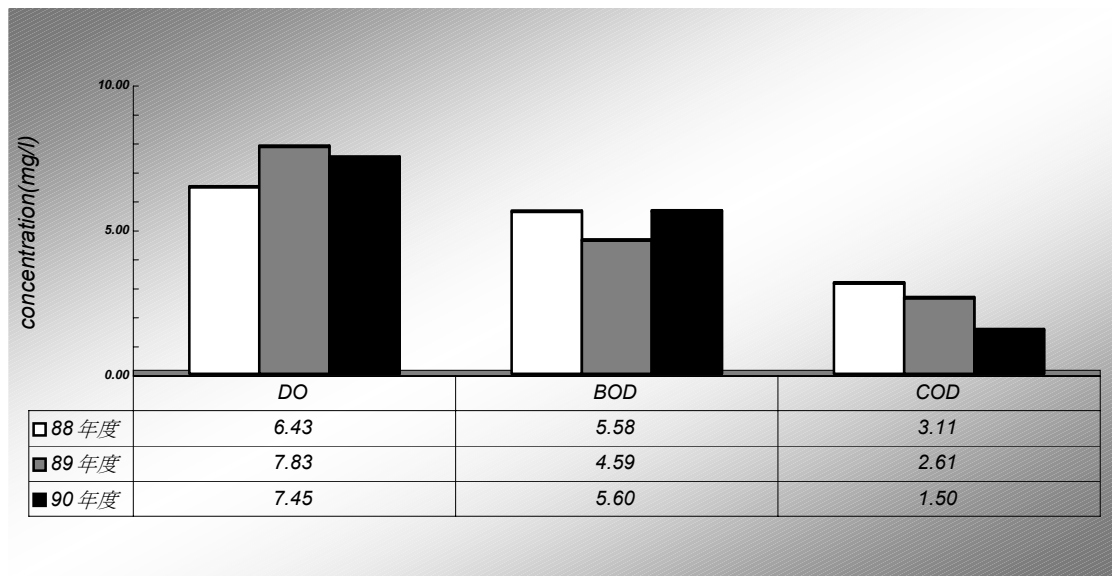


Fig. 3. Annual average concentrations of ammonia-N, nitrite-N, nitrate-N and orthophosphate-P in the Tai-Shi coastal area.

3 顯示台西沿海養殖區域海水水質之硝酸-氮的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 年度分別為 0.217、0.368 與 0.308，而 90 年有稍微降低之趨勢。另，由 Fig. 3 顯示本區域海水水質之亞硝酸-氮的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 年度分別為 0.030、0.063 與 0.057 mg/L，三個年度測值皆很低，尚合乎水產養殖用水之基準。

磷在自然界中為維持基礎生產力不可缺之元素，磷因易與氧結合，所以天然存在之磷含量很少，大多以無機磷之形式存在。由 Fig. 3 顯示本區域海水水質之正磷酸-磷的年度總平均濃度，在 88、89 與 90 年度分別為 0.072、0.079 與 0.062 mg/L，而 90 年有稍微降低之趨勢。

綜括而論，依衛生署海域分類結果，本海域應屬於甲類海域，由調查結果顯示，各年度均有生化需氧量不符合標準的情形，此外，本海域懸浮固體量偏高，將對於各項異常現象持續追蹤。由溶氧與 BOD₅ 可推知海水的混合能力與優氧化的情形，發現水質狀況較差的 2 個監測(1 及 7)站均位於溪流大排下游，可見這些地點主要是受到溪流大排排放水的影響，導致水質變差而有優養化(eutrophication)的現象。整體而言，此海域水體環境品質尚可，除第 7 監測站與第 1 監測站之水質較差外，餘均可供為水產養殖用水使用。

謝辭

本調查研究，承本分所王映文小姐、林益州、林媽勳與林必祐先生之協

助採樣及分析工作，得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

- 日本海洋學會 (1979) 海洋調查法。恆星社厚生閣，東京， XVI + 666 pp.
- 行政院衛生署 (1985) 中央法規-水體分類及水質標準。台北。
- 陳建初 (1981) 水質分析。九大圖書公司，台北， 276 pp。
- APHA (1985) Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed., American Public Health Association, Washington, DC, 1266 pp.
- Colt, J. E. and D. A. Armstrong (1981) Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and mollusks. Bio-Engineering Symposium for Fish Culture (FCS Publ. 1), pp. 34-47.
- Grant, J. and B. Thorpe (1991) Effects of suspended sediment on growth, respiration and excretion of the soft clam (*Mya arenaria*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 1285-1292.
- Raible, R. W. (1975) Survival and growth rate of channel catfish as a function of dissolved-oxygen concentration. Water Resources Research Center Publ., No.33. Univ. Ark. Fayetteville. 35 pp.
- Simco, B. A. (1976) The reuse of water in commercial raising of catfish: phase two. Univ. Tenn. Water Res. Ctr. Res. Rep., No.52. 66 pp.

Investigation on the water quality of aquaculture area in Tai-Shi coastal, western Taiwan

Fu-Ming Huang and Yu-Yuan Chou

Abstract

The purpose of this experiment was to study the water quality of aquaculture area at Tai-Shi coast. From July 1999 to June 2001, water samples were collected 72 times at seven stations. Their water temperature, salinity, pH, DO, suspended solid (SS), BOD, COD, ammonia-N, nitrite-N, nitrate-N and orthophosphate-P were analyzed. The results showed that water temperature and salinity varied with seasons and regions. The monthly average pH value was 7.74-8.65 at seven stations in three years, SS, 27.17-132.23 mg/L; DO concentration, 5.90-8.62 mg/L; BOD₅, 0.50-12.5 mg/L; COD, 1.04-5.82 mg/L; ammonia-N, 0.03-1.54 mg/L; nitrite-N, 0.007-0.237 mg/L; nitrate-N, 0.04-1.25 mg/L; orthophosphate-P, 0.02-0.26 mg/L. The levels of these parameters in drain canal and old Ho-Wyu river station were higher than those in the other areas. The waters of Tai-Shi coast were up to the A grade, according to the criteria for marine enacted by the Department of Health. Thus, aquaculture was workable in the waters.

Key words: Tai-Shi coast, water quality, aquaculture.