

民國七十八年三月十七日 台灣省水產試驗所與行政院農業委員會漁業處、
台灣省漁業局合辦「養殖環境及魚類異味改善」研討會論文集113~141頁

台灣西南部草蝦、鰻魚和魚鴨養殖池水質之研究

Studies on the Water Quality of Tiger Prawn, Eel, and Fish-cum-Duck Ponds in Southwestern Taiwan

郭世榮*、丁雲源*

Shih-Rong Kuo, Yun-Yuan Ting

Culture environment and water quality of tiger prawn, eel, and fish-cum-duck ponds in Southwestern Taiwan were investigated from July, 1987 to June, 1988. Water temperature, water color, transparency, pH, dissolved oxygen, ammonium-nitrogen, nitrite-nitrogen, iron, total alkalinity, redox potentials, salinity, algae phase and stocking density had measured and discussed.

When it was stocked at the high density of 560,000-570,000 pieces/ha, the growth of tiger prawn was very slow at the end period. When it was stocked at the low density of 50,000 pieces/ha or 180,000 pieces/ha, the body size of tiger prawn was very large at harvest, but it can't obtain high production in the pond.

With the lapse of time in tiger prawn cultivation, transparency was decreased gradually and the ammonium-nitrogen and nitrite-nitrogen were increased gradually. In the ponds of high density, ammonium-nitrogen and nitrite-nitrogen content were higher probably. Algae can increase the dissolved oxygen in the pond and let the pH increased. From the daily variation of tiger prawn ponds, we found the change range of pH and dissolved oxygen were larger in the ponds that had much algae and photosynthesis.

The pond with a higher dissolved oxygen in the daytime, it will become a lower dissolved oxygen in the night. The rain can decrease the salinity of pond water, it can also decrease the pH value below 8.

Owing to the accumulation of organic matter, the culture environment of eel pond under stagnant water condition will become bad. When the pH decreased to 7.74, ammonium-nitrogen increased to 1.96 mg/l, and total counts increased to 2×10^6 colony/ml, it may be the reason for the disease and death of eel.

In the fish-cum-duck pond, we found the freshwater fish (tilapia, grass carp, carp et al) can survive when the content of ammonium-nitrogen was 4.8 mg/l or

*台灣省水產試驗所台南分所

nitrite-nitrogen was 0.48 mg/l, but the growth of fish was slow for 2-3 months.

In the fish-cum-duck pond, we also found *Oscillatoria tenuis* and *Anabaenopsis circularis* can cause the off-flavor of fish. According to our primary experiment, we found that *A. circularis* may be killed by 0.5 ppm copper sulfate and *O. tenuis* may be killed by 1 ppm copper sulfate.

前 言

在本省的水產養殖上，草蝦是最具魅力的養殖種類之一，但因近年來養殖面積快速擴大，放養密度不斷提高，不幸在今年首次發生了草蝦大量死亡的問題，使得草蝦養殖面臨了極大的考驗。因此，在本試驗中就以草蝦池的水質調查研究，作為最主要的部份。其次，鰻魚也是本省最重要的養殖魚類之一，為使止水式養鰻技術更上層樓，並減低養鰻對地下水源的大量需求，因而養鰻池的水質調查研究，也是本試驗的重點之一。此外，魚鴨綜合經營養殖的淡水魚類，往往會發生臭土味的困擾，使養殖業者遭受很大的損失，因此魚鴨綜合經營池塘的水質調查研究，就成為本試驗研究範疇中的第三部份。

針對上述三種型態的養殖池，進行了一系列的水質基礎資料的調查、測定和研究工作，希望這項研究，能夠解決目前養殖上發生的一些問題，也期望它對提升養殖技術、提高養殖產量和改善衛生品質等方面有所裨益。

材 料 與 方 法

一、採樣地點：

草蝦池的採樣地點在台南縣七股和雲林縣口湖、台西地區；止水式養鰻池的採樣地點在高雄縣湖內地區；魚鴨綜合經營池的採樣地點在台南縣麻豆地區。

二、調查方法：

每月定期至上述採樣定點，調查養殖環境及養殖情形，並採取養殖用水作為測定水質之用，同時記錄魚類成長、疾病等情形。

三、測定方法：

- (一)水溫 (Water temperature)：於魚塢現場用溫度計測定。
- (二)水色 (Water color)：於魚塢現場觀察測定。
- (三)透明度 (Transparency)：以直徑20公分透明度板測定⁽¹⁾。
- (四)pH：於魚塢現場用Corning M. 103型氧化還原電位計(附 pH 裝置)測定。
- (五)溶氧 (Dissolved oxygen)：以 Delta 2001 型溶氧測量儀測定。
- (六)氨氮 (Ammonium-nitrogen)：NH₄⁺在鹼性下轉變成 NH₃，而與 Tartrate、Potassium tetraiodomercurate 試液作用形成褐色的錯化合物而測定之。
- (七)亞硝酸氮 (Nitrite-nitrogen)：試水在 Sulfanilic acid 存在下，形成 diazonium 化合物，再與 d-

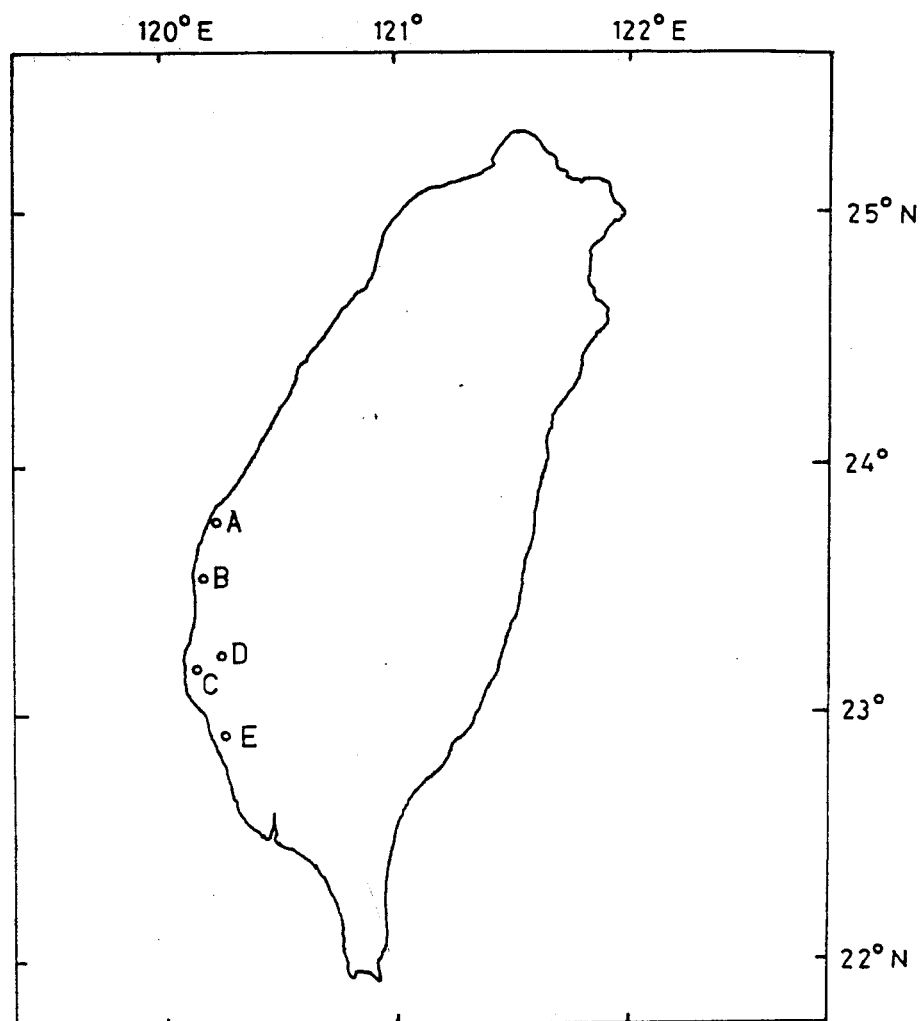


圖1 本省養殖池調查位置圖

- A：雲林縣台西地區（草蝦池） B：雲林縣口湖地區（草蝦池）
C：台南縣七股區（草蝦池） D：台南縣麻豆地區（魚鴨池）
E：高雄縣湖內地區（鰻池）

naphthylamine形成粉紅色的 azo化合物而測定之。

(八)鐵 (Iron)：以西德 Merck 公司水質試藥測定。

(九)總鹼度 (Total alkalinity)：以甲基橙為指示劑，以 0.02 N H₂SO₄ 滴定測定⁽²⁾。

(十)氧化還原電位 (Redox potentials)：以 Corning M. 103 型氧化還原電位計測定。

(十一)鹽度 (Salinity)：以 ATAGO S-10 型鹽度計測定。

(十二)藻類 (Algae)：以顯微鏡觀察判定，並引用中央研究院植物研究所有關試驗結果。

結果與討論

一、草蝦池的養殖調查

本試驗所調查的草蝦池共有 6 個池子，池名依次編為 1 號池、2 號池、3 號池、4 號池、5 號池和 6 號池。1 號~3 號池位於台南縣七股地區，4 號、5 號池位於雲林縣口湖地區，6 號池位於雲林縣西地區。6 個池子的養殖面積，養殖期間，放養量，放養密度，收穫量，收穫時平均體重，存活率和單位生產量等調查結果如表 1。

由表 1 知，草蝦的成長和放養密度有很大的關係，放養密度每公頃 5 萬尾和 18 萬尾者 (3 號池和 6 號池)，每尾草蝦收穫時平均體重，比放養密度 56 萬尾和 57 萬尾者 (4 號池、5 號池和 1 號池) 高出許多。同時，每公頃放養 56、57 萬尾者，到養殖後期都有成長遲緩的情形。1 號池養到 26 尾/斤時，即因成長遲緩而提前收穫。5 號池除了有成長遲緩的情形以外，又因紅鰓病死了幾百斤，只好中止再養。4 號池也是因成長遲緩，而於 9 月 14 日先行間捕 1,600 斤 (30.2 尾/斤)，然後養到 10 月 6 日再收穫 6,000 斤 (26 尾/斤)。雖然間捕對紓解養殖過密有些幫助，但放養過密畢竟對草蝦的成長和池塘環境都會有不良的影響。

放養密度較低的池子 (3 號池和 6 號池)，雖然草蝦成長較快，收穫時蝦子較大，但因放養數量較少，單位生產量無法提高。其中 6 號池更因放養初期損失很大，存活率僅 22.5%，每公頃生產量僅有 1.33 公噸。由此可知，適當的放養密度是很重要的。一般而言，草蝦集約養殖適當的放養尾數約為每公頃 20 萬至 30 萬尾⁽³⁾。

至於 2 號池，放養密度為每公頃 44 萬尾，但當養至 3 個多月後，因發生大量死亡而提早撈捕，蝦子大小僅達 45 尾/斤而已。

有關 4 號池、5 號池和 6 號池的草蝦成長情形如圖 2~圖 5 所示。圖 2 係這 3 個池子草蝦的成長曲線，圖 3~圖 5 係這 3 個池子草蝦成長期間體重頻度的分佈變化情形。在圖 2 中：6 號池放養數量最少，草蝦成長速度最快。4 號池和 5 號池為同一養殖戶所有，面積相同、放養數量和養殖方法都相同。4 號池蝦子在養殖前期成長速度比 5 號池略快，可能是因為 4 號池較近海邊，水源較好的緣故。但當養殖後期，5 號池蝦子平均體重反而超過 4 號池者，可能是因為 5 號池的存活率 56.1% 比 4 號池的 81.7% 低很多的緣故。這可能也意味著草蝦的成長與放養密度的關係大於與水質的關係。

二、草蝦池的水質研究

本試驗係採樣自上述 6 個草蝦養殖池 (1 號池~6 號池)，除 1 號池放養紅筋苗以外，其餘 5 個池子均放養黑殼苗，其水質測定結果如表 2~表 7。

Table 1. Culture record of 6 ponds of tiger prawn

Area	Releasing	Stocking	Harvest	Average Weight	Survival	Production
Pond (ha)	(pieces)	density	(tons)	at harvest (g)	rate (%)	(ton/ha)
Period	(pieces/ha)					
No.1 0.35	200,000	570,000	3.30	23.1	71.5	9.43
Apr.4-Aug.29,1987						
No.2 0.80	350,000	440,000	2.10	13.3	45.0	2.63
Jun.9-Sep.25,1987						
No.3 0.27	15,000	50,000	0.40	37.5	70.6	1.48
Jun.8-Dec.12,1987						
No.4 0.45	250,000	560,000	4.56	22.3	81.7	10.13
Apr.20-Oct.6,1987						
No.5 0.45	250,000	560,000	2.76	19.7	56.1	6.13
Apr.20-Sep.13,1987						
No.6 0.45	80,000	180,000	0.60	33.3	22.5	1.33
May.17-mid Oct.,1987						

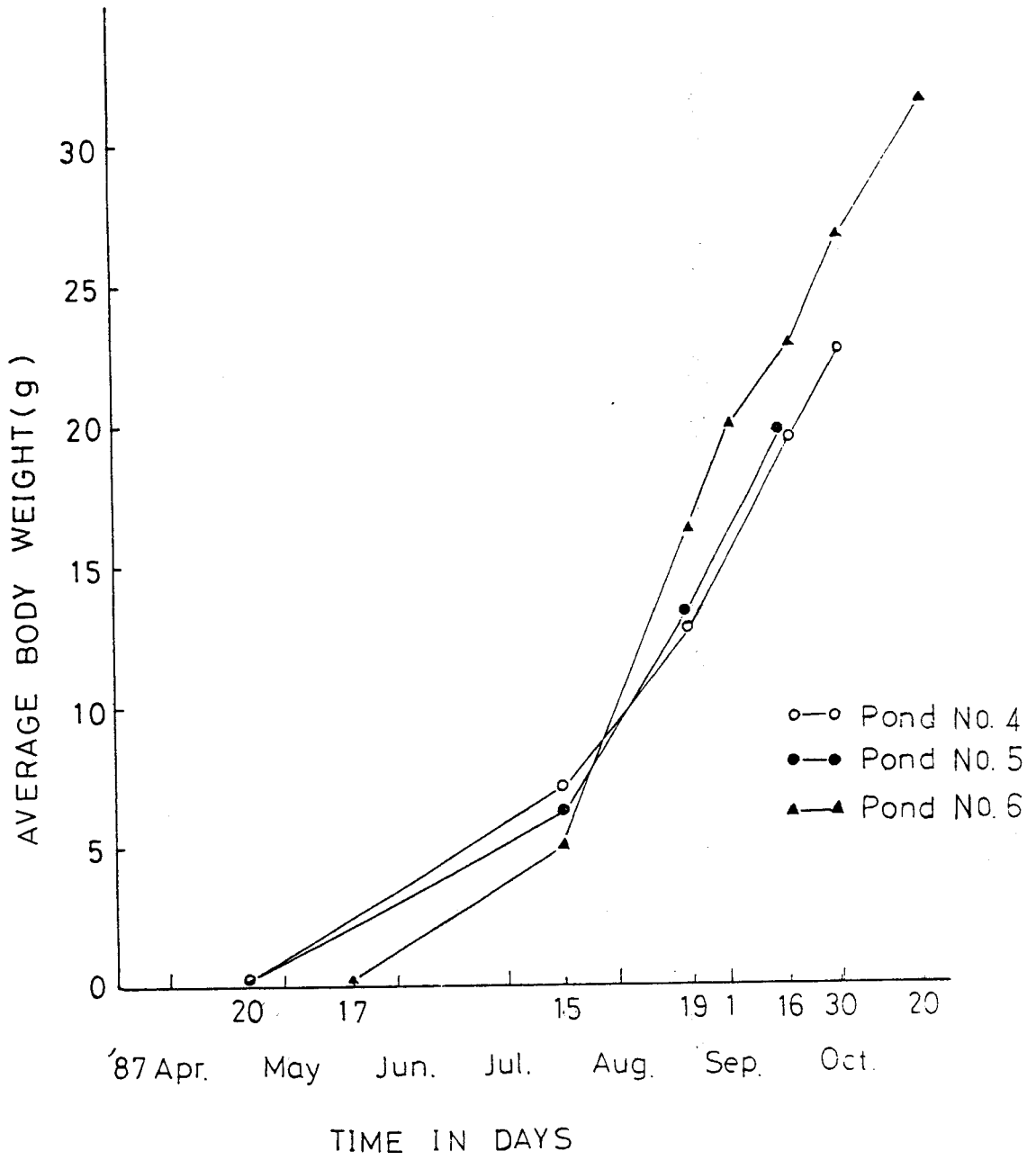


Fig 2. Growth curves of tiger prawn in the ponds

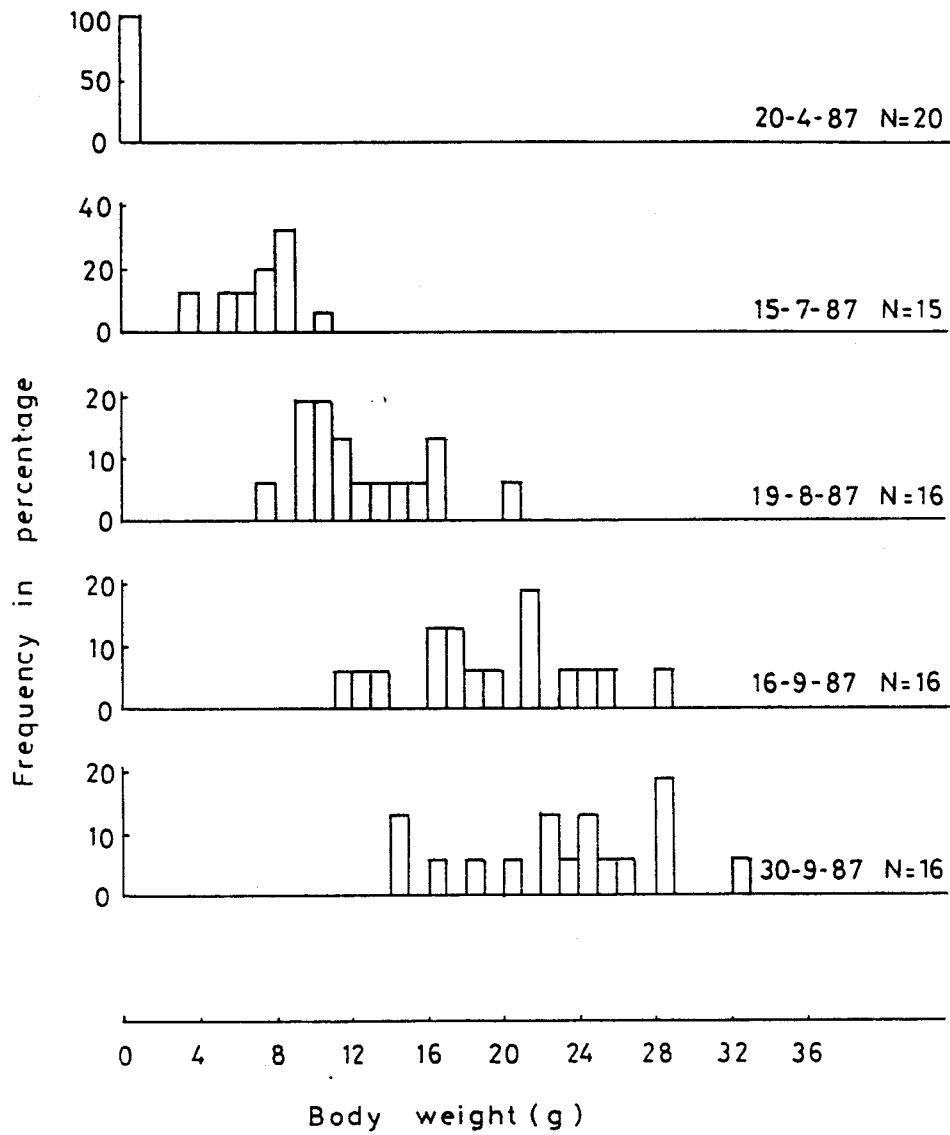


Fig 3. Frequency distribution of body weight of tiger prawn in the pond No.4

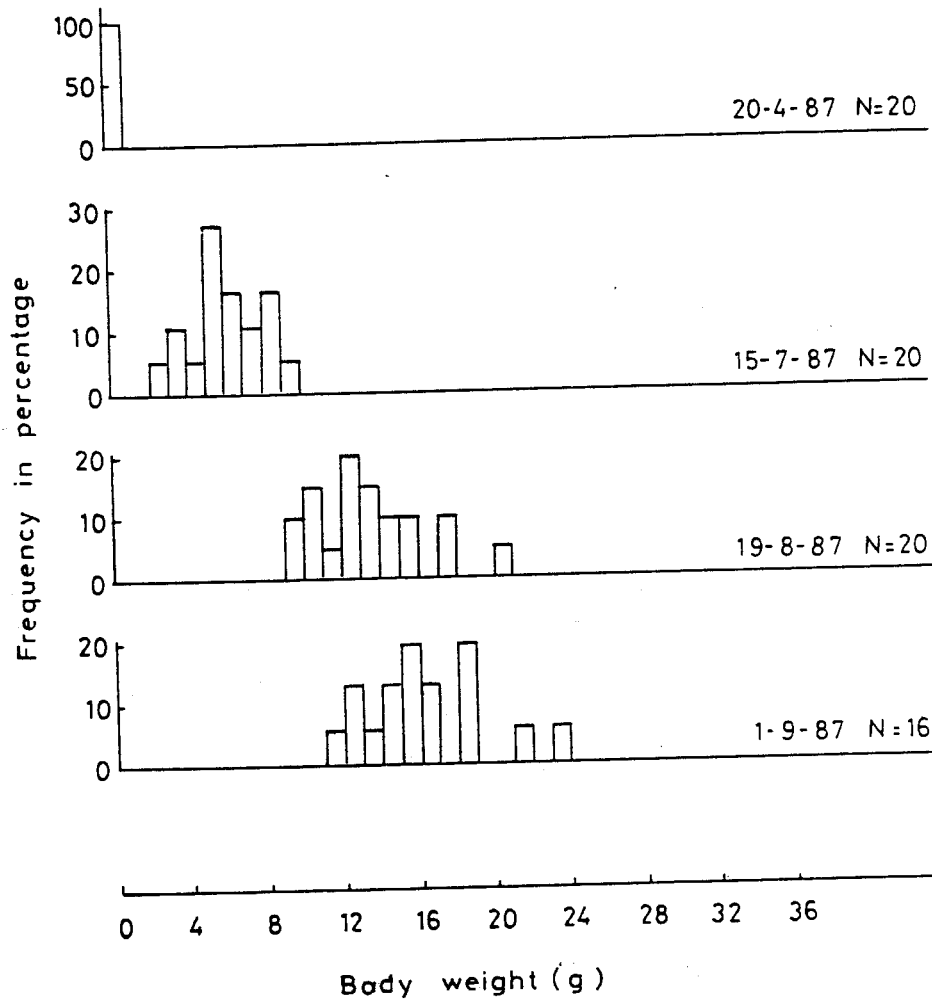


Fig 4. Frequency distribution of body weight of tiger prawn in the pond No.5

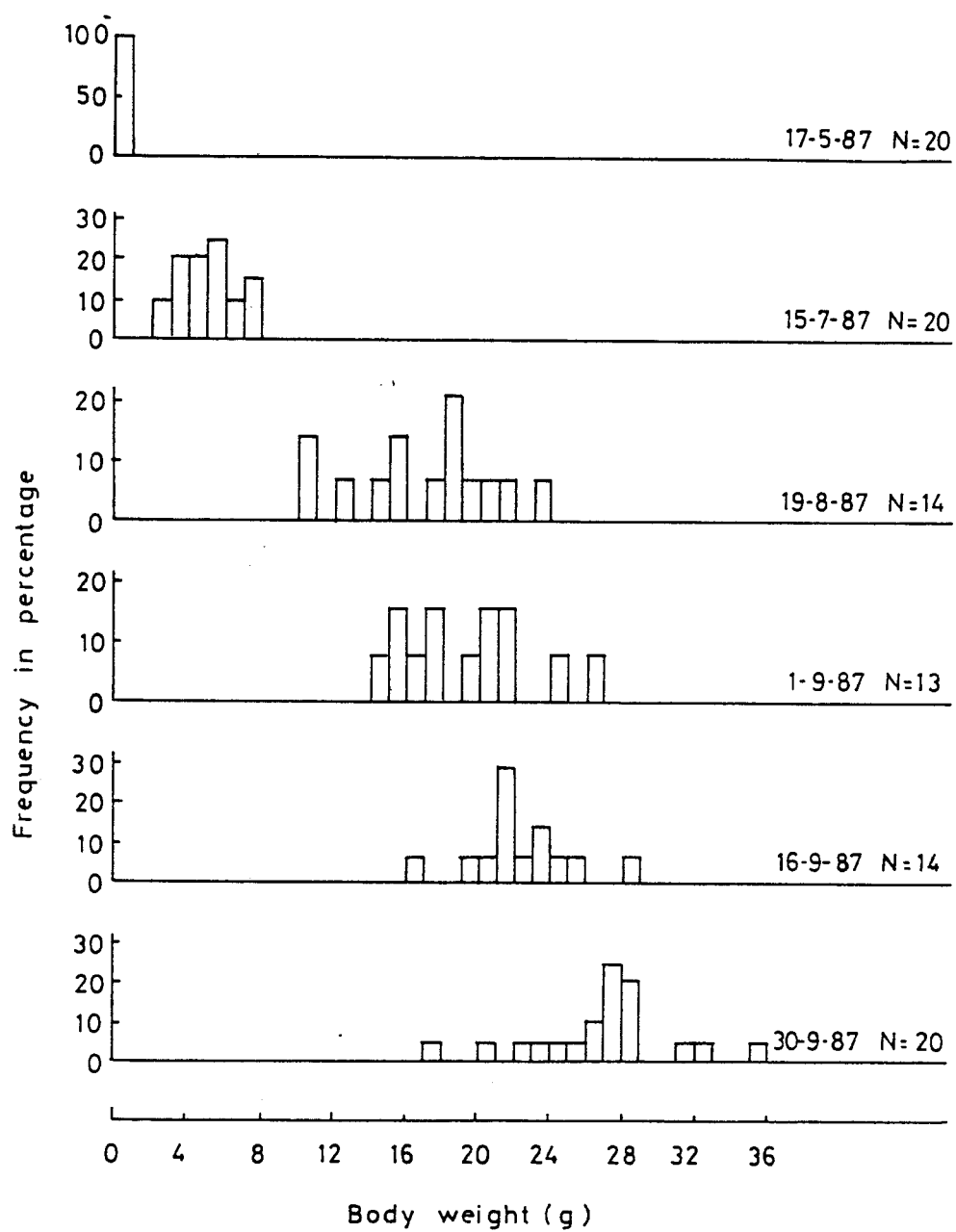


Fig 5. Frequency distribution of body weight of tiger prawn in the pond No.6

Table 2. Fundamental data of water quality in the pond No. 1

Item	Samlipling time	
	Jul.14,1987,1000	Aug.18,1987,1000
Water temperature (°C)	29.7	32.0
Water color	Green	Green
Transparency (cm)	25	23
pH	7.86	7.58
D.O.(mg/l)	9.7	7.4
NH ₄ -N(mg/l)	0.08	1.85
NO ₂ -N(mg/l)	0.015	0.09
Total alkalinity (mg/l)	250	240
Redox potentials (mV)	134	109
Salinity (‰)	20	20

Table 3. Fundamental data of water quality in the pond No. 2

Item	Sampling time		
	Jul.14,1987,1030	Aug.18,1987, 1030	Sep.15,1987, 1000
Water temperature (°C)	29.5	31.5	25.8
Water color	Green	Green	Green
Transparency (cm)	30	24	22
pH	7.25	8.20	8.05
D.O.(mg/l)	8.1	8.2	10.5
NH ₄ -N(mg/l)	0.04	0.12	0.23
NO ₂ -N(mg/l)	0.01	0.012	0.01
Fe(mg/l)	—	—	0.04
Total alkalinity (mg/l)	146	140	104
Redox potentials (mV)	101	97	85
Salinity (‰)	30	18	17

Table 4. Fundamental data of water quality in the pond No. 3

Item	Sampling time					
	Jul.14, 1987,1050	Aug.18, 1987, 1100	Sep.15, 1987,1030	Oct.20, 1987,0940	Nov.17, 1987,1020	Dec.15, 1987,0955
Water temperature (°C)	30.0	32.0	26.1	25.7	24.5	16.0
Water color	Green	Green	Brown-Green	Brown	Green	Green
Transparency (cm)	> 50	> 52	45	50	31	29
pH	7.28	8.35	8.03	8.02	8.28	8.18
D.O.(mg/l)	8.0	7.9	9.1	7.2	9.3	11.5
NH ₄ -N(mg/l)	0.04	0.08	0.25	0.32	0.27	0.20
NO ₂ -N(mg/l)	0.003	0.004	0.003	0.006	0.004	0.003
Fe (mg/l)	—	—	—	—	0.08	0.08
Total alkalinity (mg/l)	110	95	102	180	186	190
Redox potentials (mV)	128	119	121	89	158	162
Salinity (‰)	40	28	25	35	35	39

Table 5 Fundamental data of water quality in the pond No. 4

Item	Sampling time			
	Jul.15, 1987,1150	Aug.19, 1987, 1030	Sep.1, 1987, 1040	Sep.16, 1987, 1020
Water temperature (°C)	29.0	32.0	28.7	25.3
Water color	Green	Green	Green	Green
Transparency (cm)	25	25	24	21
pH	8.10	7.51	7.30	7.58
D.O.(mg/l)	11.0	9.7	9.2	12.3
NH ₄ -N(mg/l)	0.03	0.04	1.41	1.26
NO ₂ -N(mg/l)	<0.0015	0.12	0.04	0.18
Fe (mg/l)	—	—	0.6	0.6
Total alkalinity (mg/l)	168	136	130	130
Redox potentials (mV)	148	102	92	96
Salinity (‰)	24	29	21	27

Table 6. Fundamental data of water quality in the pond No. 5

Item	Sampling time		
	Jul.15, 1987,1220	Aug.19, 1987, 1050	Sep.1, 1987, 1000
Water temperature (°C)	29.0	32.5	28.3
Water color	Green	Green	Green
Transparency (cm)	27	23	22
pH	8.26	7.80	7.33
D.O.(mg/l)	8.5	12.6	9.4
NH ₄ -N(mg/l)	0.03	0.04	1.88
Fe(mg/l)	0.12	0.09	0.12
NO ₂ -N(mg/l)	—	—	0.5
Total alkalinity (mg/l)	160	140	120
Redox potentials (mV)	142	93	91
Salinity (‰)	26	24	23

Table 7. Fundamental data of water quality in the pond No. 6

Item	Sampling time					
	Jul.15, 1987,1330	Aug.19, 1987, 1220	Sep.1, 1987, 1150	Sep.16, 1987, 1130	Sep.30, 1987,1140	Oct.20, 1987,1250
Water temperature (°C)	29.3	33.0	29.2	25.8	23.8	26.1
Water color	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Transparency (cm)	43	30	42	22	22	23
pH	8.40	8.52	7.31	7.85	8.02	8.12
D.O.(mg/l)	8.1	12.5	7.8	12.9	12.9	14.8
NH ₄ -N(mg/l)	0.03	0.04	0.12	0.16	0.50	0.31
NO ₂ -N(mg/l)	<0.0015	0.0015	0.0015	0.002	0.015	0.0037
Fe(mg/l)	—	—	0.06	0.12	0.15	0.12
Total alkalinity (mg/l)	154	130	122	180	195	186
Redox potentials (mV)	127	79	83	89	98	88
Salinity (‰)	22	19	20	20	20	24

草蝦屬於廣溫水性水生生物，其最適成長水溫為25~32℃，18℃以下則幾乎停止攝食，12℃左右會有休克現象，35℃以上有活力降低的現象⁽⁴⁾。本試驗的6個草蝦池，水溫分佈在24.5~33.0℃之間（3號池12月15日雖測得16.0℃，但當時草蝦已收成），大部份養殖期間都屬於最適成長的水溫範圍內。

在水色方面，除了3號池9月15日採樣時呈褐綠色，和10月20日呈褐色以外，其餘均呈草綠色。3號池在這段期間呈現褐色系的水色，據中山大學有關資料⁽⁵⁾研判，可能是矽藻類（*Cyclotella* sp, *Streptotheca thamensis*等）和渦鞭毛藻類（*Prorocentrum minimum*等）數量增多所致。

關於透明度方面，一般以20~40cm為宜⁽⁶⁾。在本試驗中，養殖初期的透明度都比較高，隨著養殖時間的推移，由於藻類的逐漸增加，透明度也就逐漸降低。6個蝦池所測得的透明度，最高的是>52cm，最低的是21cm。

pH 值是蝦池水質好壞一個很好的指標，一般魚蝦對 pH 的適應值約在7.0~9.5之間⁽⁷⁾。在草蝦方面，據陳⁽⁸⁾指出，草蝦養殖用水的最適 pH 為8.0~8.5；另據何⁽⁹⁾指出，草蝦池在 pH 7.4以下時即表示池中污染已十分嚴重。本試驗6個蝦池的 pH 分佈在7.25~8.52之間，其中7月14日的1號~3號池及9月1日的4號~6號池，因為下雨的緣故，所以測得的 pH 值都比較低。

鑑於 pH 在一天中會隨著池中藻類光合作用的進行而變化，所以選擇3號池及其鄰近的2個池子（編號為3-1號及3-2號池），在養殖期間共做了4次池水 pH 值的日變化試驗，其結果如圖6~圖9所示。在圖6中，因係養殖初期，藻類尚少（透明度大於60cm），加上陰天，藻類光合作用不顯著，因此 pH 的變化也較不顯著，相差僅0.13而已。在圖7~圖9中，透明度依次為33~36cm、25~30cm、27~30cm，而且測定時都是晴天，因此 pH 的日變化也較為顯著。

溶氧也是蝦池水質中一個很重要的項目。據丁⁽¹⁰⁾指出，草蝦的致死溶氧量最低可耐至0.3499c.c./l，而在1.2 c.c./l 時，就不會因氧氣不夠而死亡。本試驗6個蝦池的溶氧測定值為7.2~14.8mg/l。因為測定時間均在上午10點至下午1點半之間，因此測得的溶氧值大多是一天中溶氧比較高時候的數值。

為瞭解溶氧在一天中的變化情形，選擇3號、3-1號和3-2號池（與測定 pH 值日變化的池子相同），在養殖期間，做了4次溶氧的日變化試驗，其結果如圖10~圖13所示。由於溶氧的消長和藻類的光合作用有很密切的關係，所以本試驗的溶氧和 pH 一樣，在養殖初期的日變化較不顯著，而在養殖中期以後，日變化才較顯著。其中以10月10日~11日測定的3-1號池較值得注意。在圖11中，3-1號池下午4點的溶氧量為3個池子中的最高者（13.3mg/l），而在翌日凌晨6點却降為3個池子中的最低者（1.8mg/l）。由此可知，白天池塘的溶氧太高，並不是一個很好的現象。3-1號池1.8mg/l 的溶氧量，已低於草蝦苗飼育水3.0 c.c./l 以上的臨界溶氧量⁽¹¹⁾，及一般魚蝦池塘5 ppm以上的理想溶氧濃度⁽⁹⁾，也須加以注意。

氨是草蝦的排泄物和殘餌等被分解所產生的有害含氮化合物。據秦和陳⁽¹²⁾以草蝦幼苗實驗結果，推薦0.1mg/l NH₃-N為氨對草蝦幼苗的安全濃度。在本試驗中，6個蝦池的 NH₄-N 分佈在0.03~1.88mg/l 之間，而隨著養殖時間的推移和放養密度的增加而增加。1號池在8月18日達到1.85mg/l NH₄-N（0.06mg/l NH₃-N），4號池在9月1日達到1.41mg/l NH₄-N（0.02mg/l NH₃-N），5號池也在9月1日達到1.88mg/l NH₄-N（0.03mg/l NH₃-N）。由於3池的 NH₃-N 均在0.1mg/l 的安全濃度範圍內，因此這3池蝦子在養殖後期的成長變緩可能與氨無關，而為其他因素或純為密度太高造成的緊迫所引起，值得繼續探討。

亞硝酸也是對魚蝦類有害的物質之一。據陳和秦⁽¹³⁾以草蝦幼苗實驗結果，推薦1.36mg/l NO₂-N為亞硝酸對草蝦幼苗之安全濃度。在本試驗中，6個蝦池的 NO₂-N 分佈在<0.0015~0.18mg/l 之

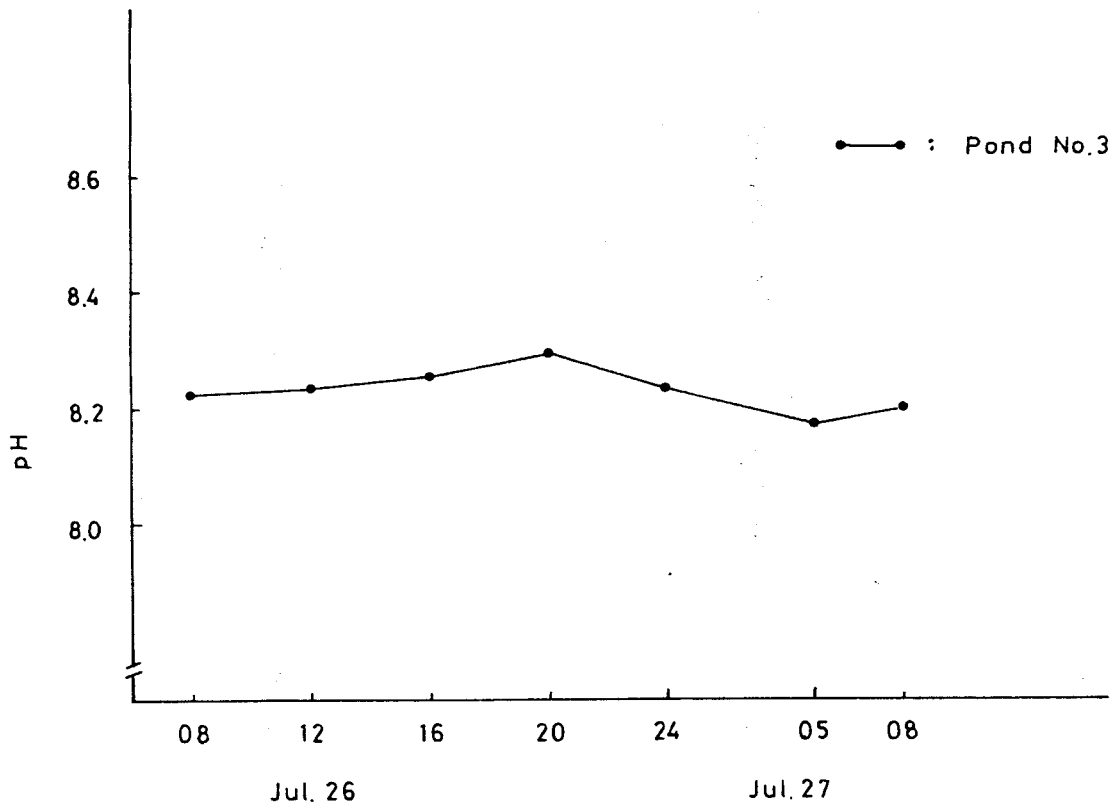


Fig 6. Daily variation of pH in the tiger prawn pond (July 1987)

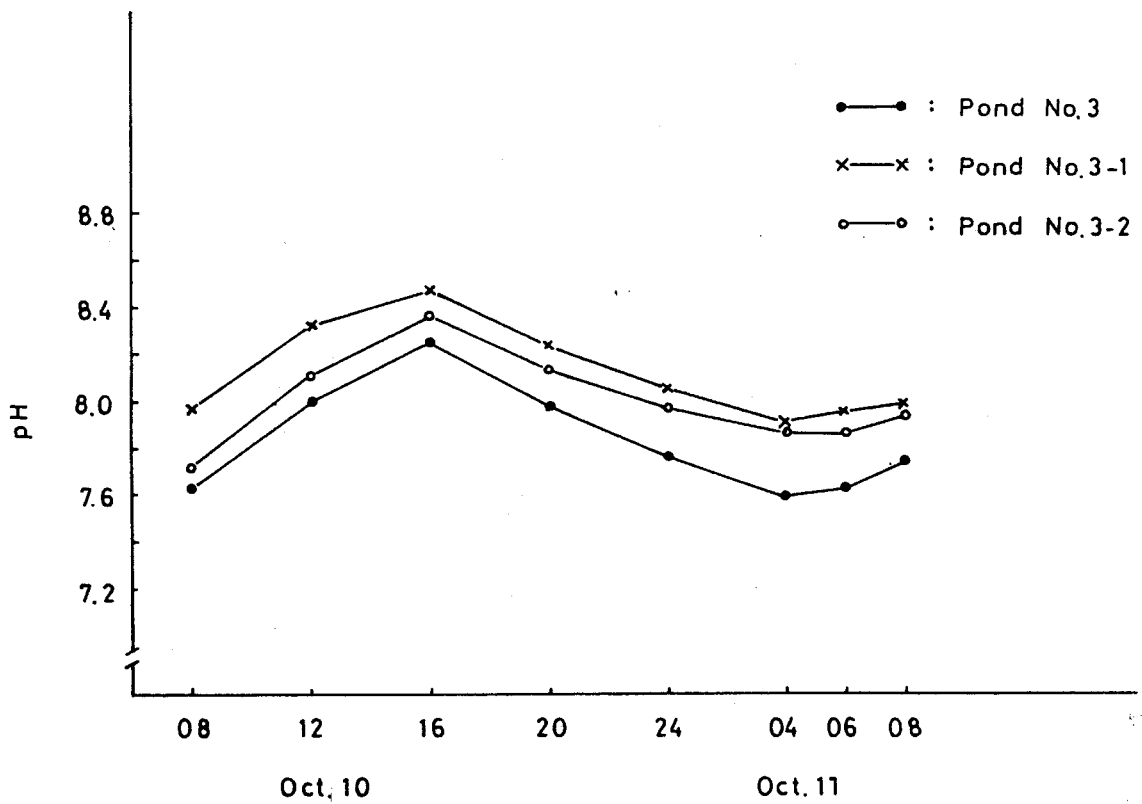


Fig 7. Daily variation of pH in the tiger prawn ponds (October 1987)

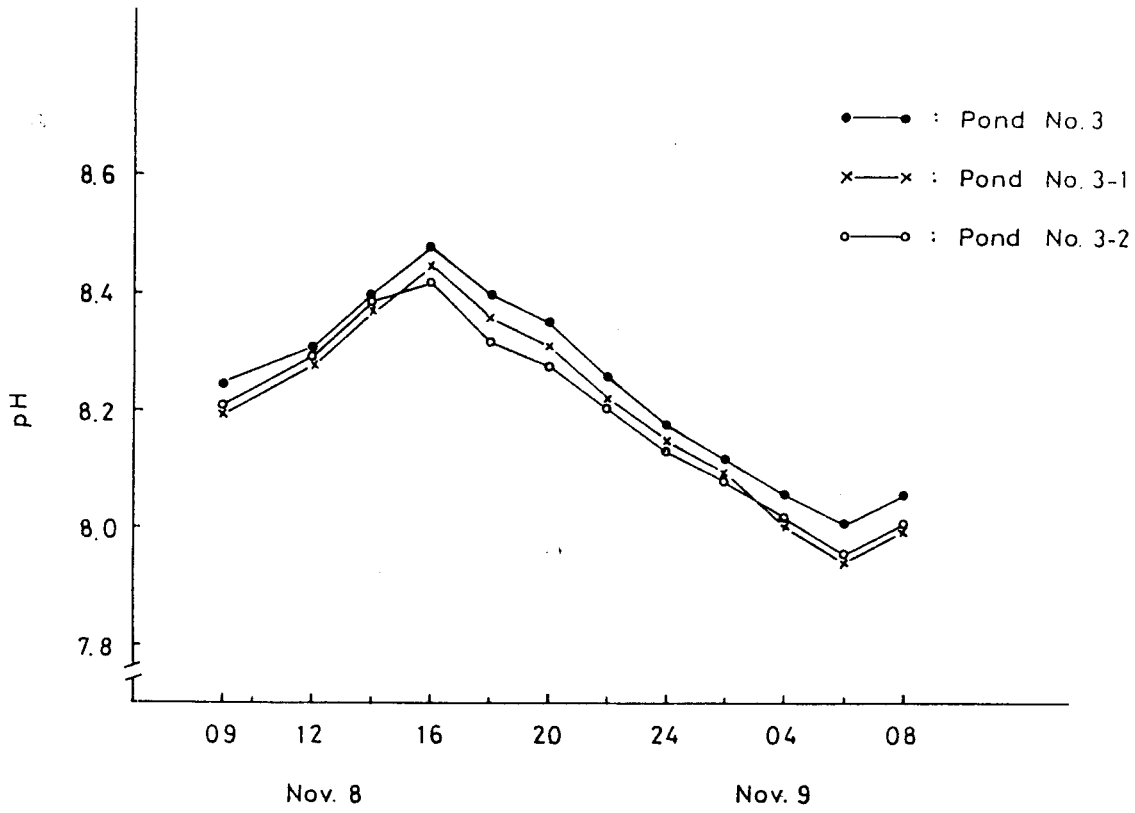


Fig 8. Daily variation of pH in the tiger prawn ponds (November 1987)

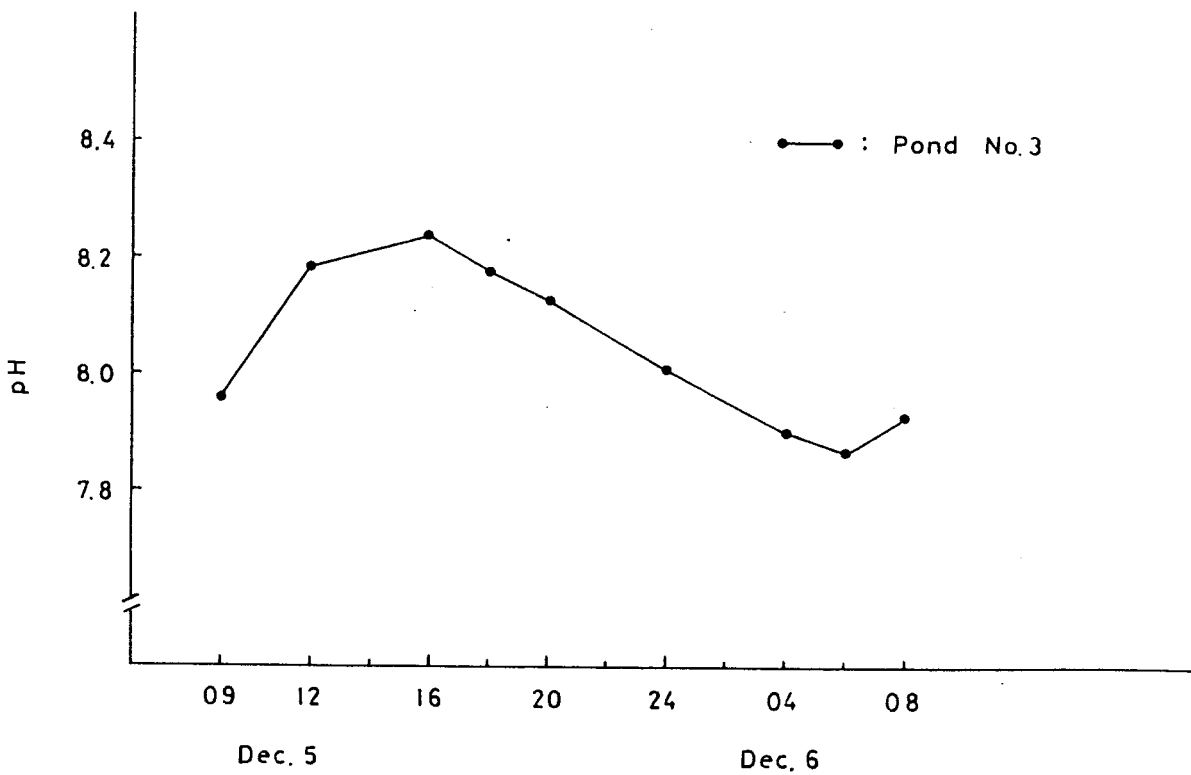


Fig 9. Daily variation of pH in the tiger prawn pond (December 1987)

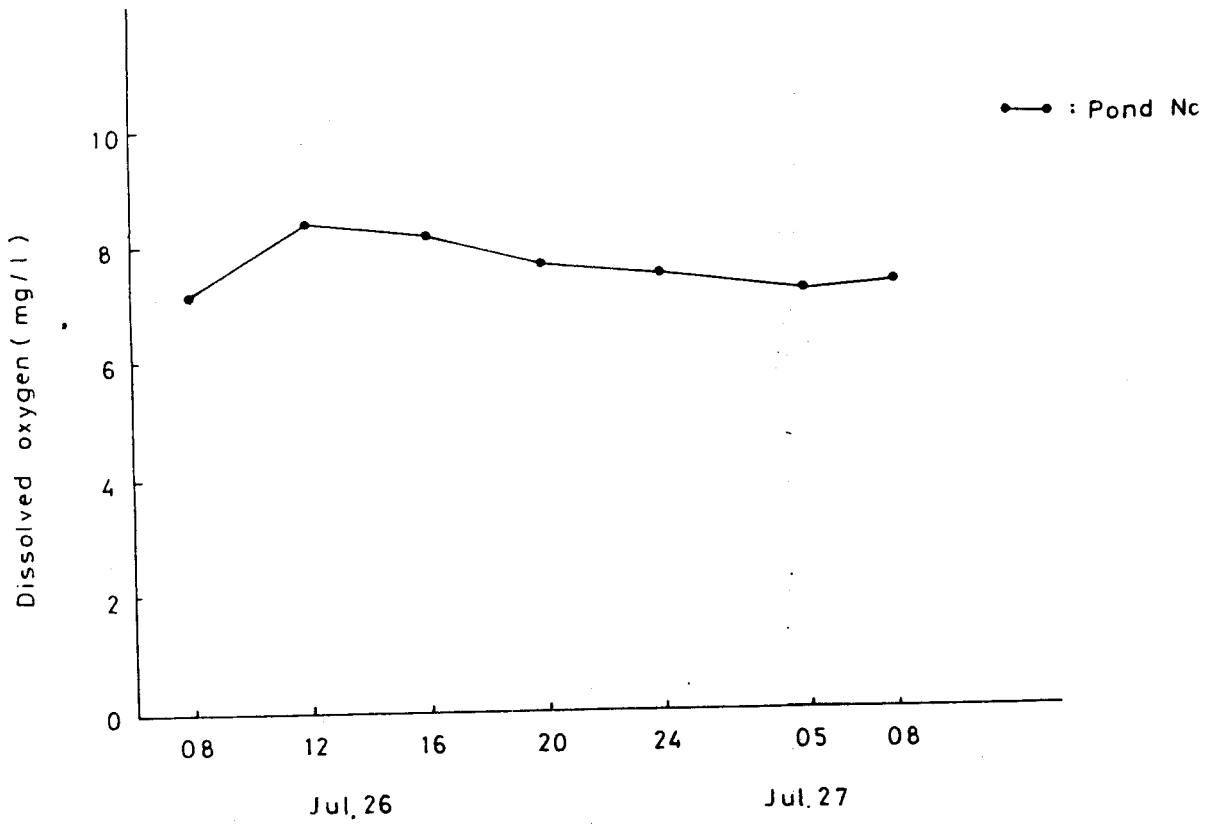


Fig 10. Daily variation of D.O. in the tiger prawn pond (July 1987)

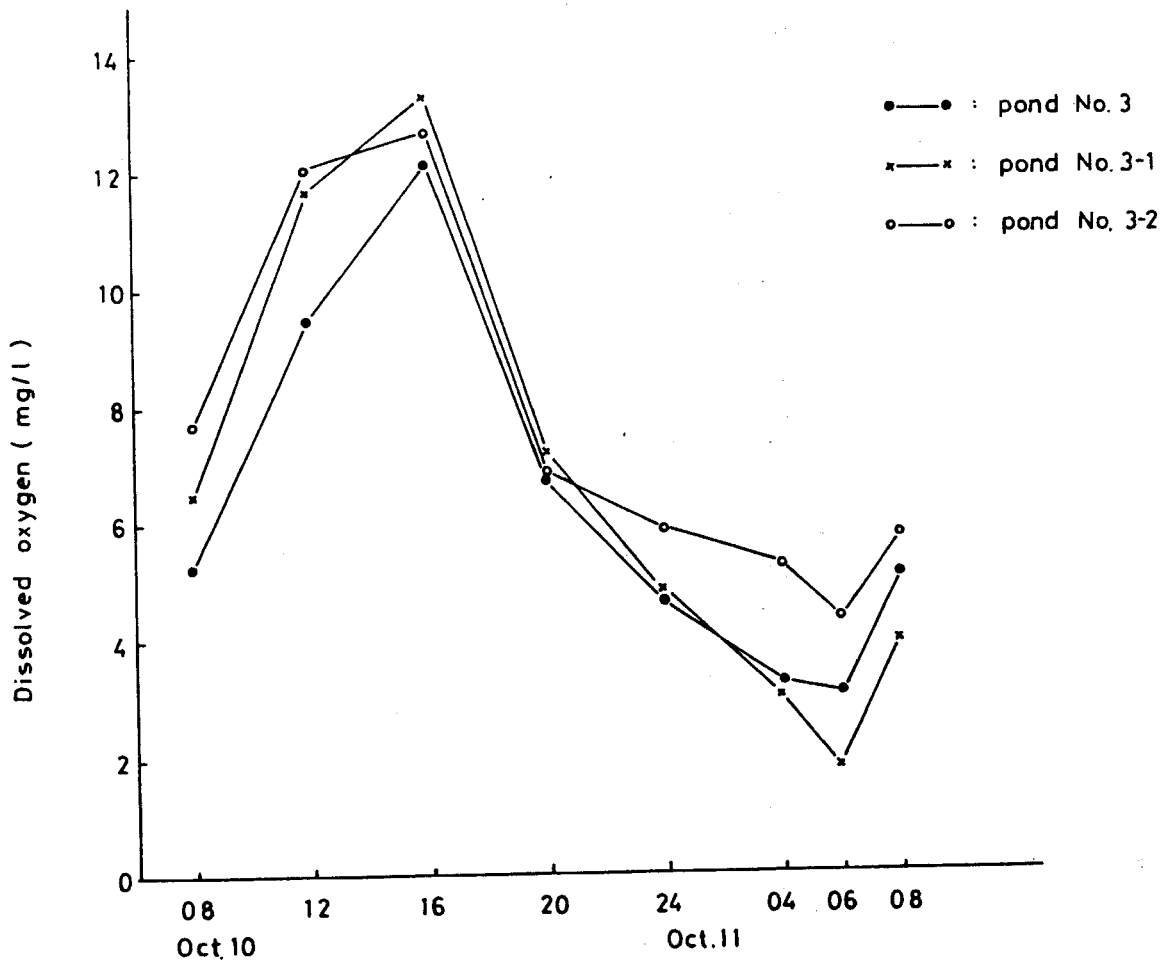


Fig 11. Daily variation of D.O. in the tiger prawn ponds (October 1987)

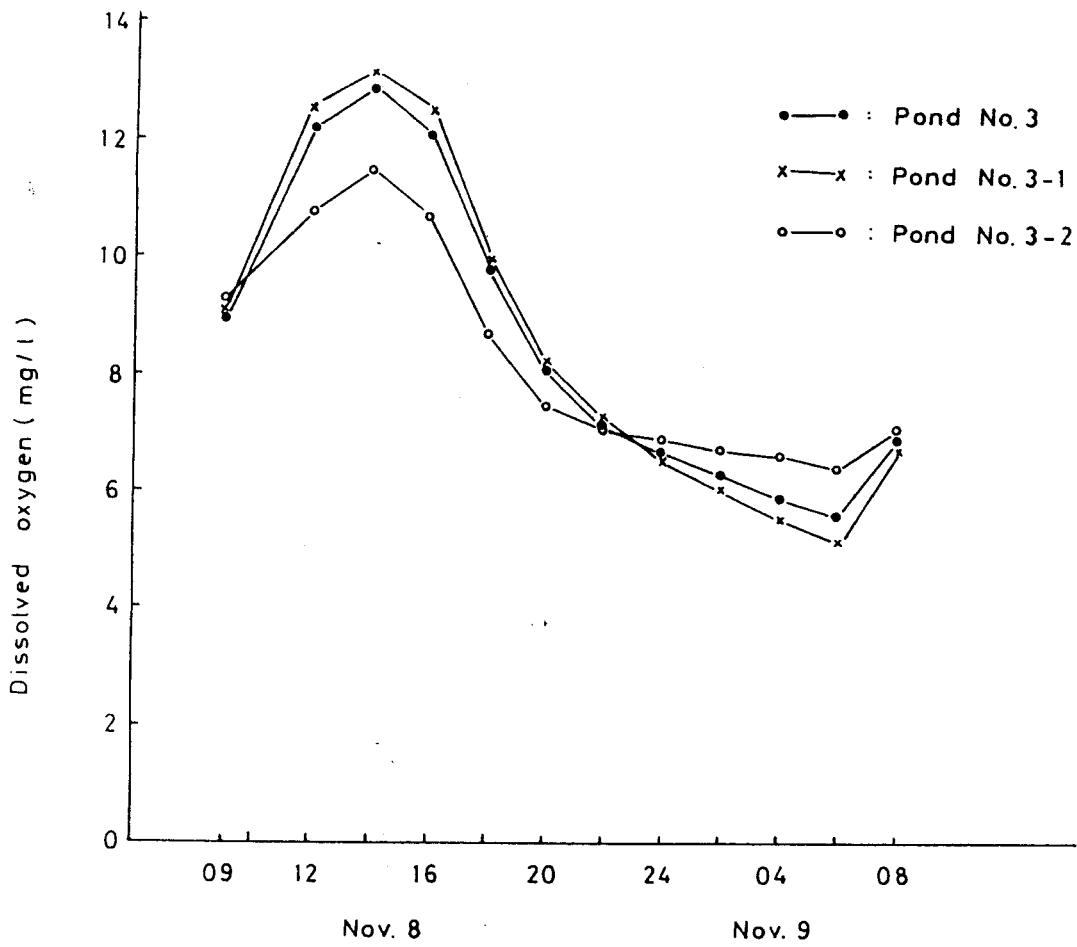


Fig 12. Daily variation of D.O. in the tiger prawn ponds (November 1987)

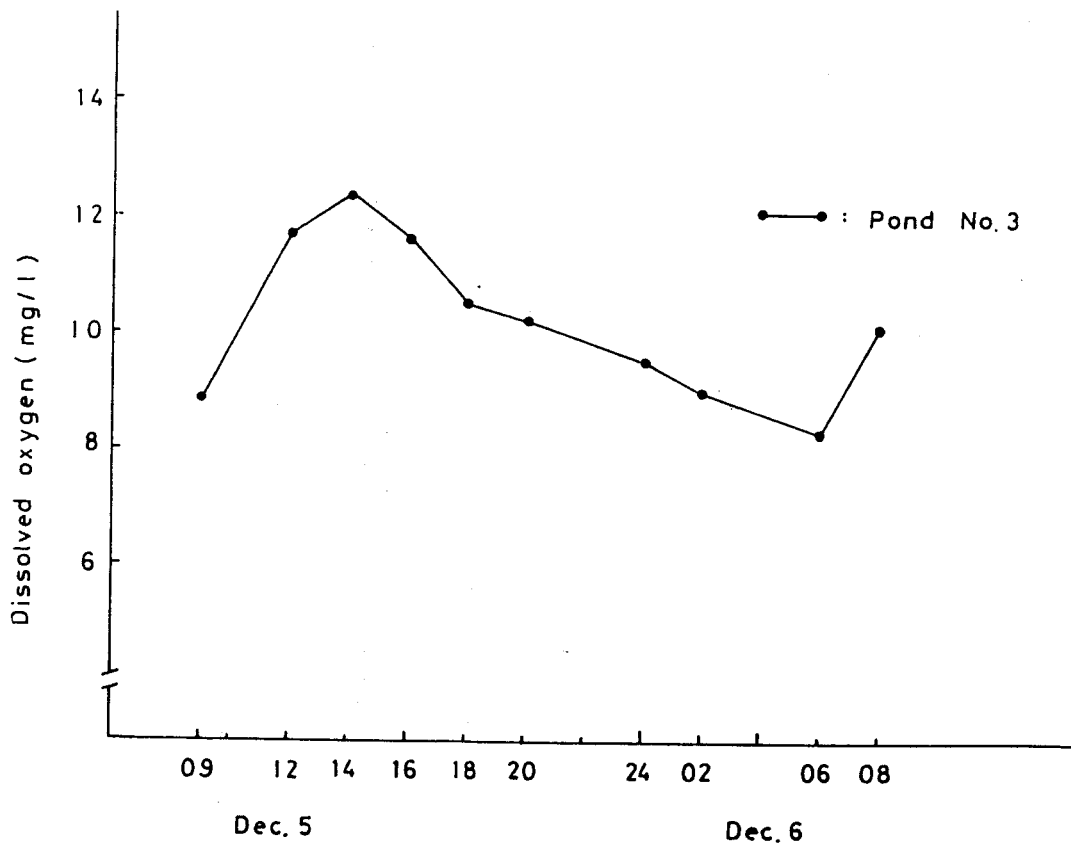


Fig 13. Daily variation of D.O. in the tiger prawn pond (December 1987)

間，它會隨著養殖時間的推移而增加，而且放養密度高的1號、4號和5號池，比放養密度低的3號池和6號池高。由於本試驗中亞硝酸的測定值，均遠低於 $1.36\text{mg}/\ell$ $\text{NO}_2\text{-N}$ 的安全濃度，因此它對池蝦應該不會有影響。

總鹼度分佈在 $95\text{--}250\text{mg}/\ell$ ，以1號池最高。氧化還原電位分佈在 $79\text{--}162\text{mV}$ 之間。鹽度分佈在 $17\text{--}40\text{‰}$ 之間，以純海水養殖的3號池最高。

三、止水式養鰻池的水質研究

本省鰻魚養殖面積約有2,000公頃，主要分佈在宜蘭、彰化、雲林、嘉義和屏東等地。自1979年以後，鰻魚年產量大多保持在3萬噸左右，沒有多大的變動⁽¹⁴⁾。雖然鰻魚養殖的方法很多，但因本省養鰻業水源多採自地下水，來源並非十分充裕，故大多採用止水式養鰻法⁽¹⁵⁾。

本試驗所調查的止水式養鰻池共有2個池子，池名依次編為7號池和8號池。2個池子均位於高雄縣湖內鄉，面積各約1.3公頃。7號池放養10萬5千尾，8號池放養11萬尾。自76年7月放養，至77年6月收穫。7號池收穫成鰻12公噸多，8號池收穫10公噸多。另有未養成鰻各2公噸多。

7號池在整個養殖期間內大致正常，但8號池在77年5月中、下旬因鰻病死了2公噸左右。因為鰻魚死亡時期沒送檢驗，所以鰻魚死亡原因不明。

7號池的水質測定結果如表8、圖14，8號池的水質測定結果如表9、圖15。

從以上圖、表中可知：2個養鰻池的水溫分佈在 $17.0\text{--}32.0^\circ\text{C}$ 之間，以7、8月最高，12、1月最低。據大倉⁽¹⁶⁾指出，鰻魚 (*Anguilla japonica*) 的攝餌溫度為 $11\text{--}32^\circ\text{C}$ ，故本試驗所測得的溫度均在可攝餌的溫度範圍內。

在透明度方面，由於鰻池的藻類生長旺盛，所以透明度均比蝦池低，全年分佈在 $14\text{--}24\text{cm}$ 之間。水色除了8號池在77年5月褐綠色以外，其餘均呈草綠色。

在pH方面，養鰻池水的pH通常都在8以上呈鹼性⁽¹⁷⁾。7號池全年也都維持在pH 8以上，而8號池養殖前10個月也都維持在pH 8以上，但77年5月10日採樣時，却降至pH 7.74，這可能是隨著養殖時間的推移，池中有機物質逐漸累積，當5月水溫上升至 31°C 時，這些有機物質加速分解，而導致pH的下降。

一般鰻魚需要水中溶氧的最低限度為 $2.0\text{--}2.5\text{ c.c.}/\ell$ ，低於此值就會造成鰻魚的浮頭⁽¹⁸⁾。7號池和8號池（各配6部水車）全年溶氧分佈在 $5.5\text{--}15.0\text{mg}/\ell$ 之間，雖然測定時間都在中午左右，沒有測定清晨最低的溶氧值，但在養殖過程中，據說沒有發生缺氧浮頭的情形。

在氨和亞硝酸方面，對鰻魚成長不會造成影響的氨氮和亞硝酸氮的安全濃度各為 10 ppm ⁽¹⁶⁾⁽¹⁹⁾。本試驗中的2個養鰻池。氨氮和亞硝酸氮都有隨著養殖期間的推移而逐漸增加的趨勢。在77年5月採樣時，7號池的氨氮達到 $0.82\text{mg}/\ell$ 、亞硝酸氮達到 $1.36\text{mg}/\ell$ ，8號池的氨氮達到 $1.96\text{mg}/\ell$ 、亞硝酸氮達到 $0.72\text{mg}/\ell$ ，雖然仍比 10 ppm 的安全濃度低，但配合其他測定項目，已可顯示出養鰻池環境的不良。

在總鹼度方面，2個養鰻池分佈在 $160\text{--}312\text{mg}/\ell$ 之間。在氧化還原電位方面，分佈在 $105\text{--}210\text{ mV}$ 之間。

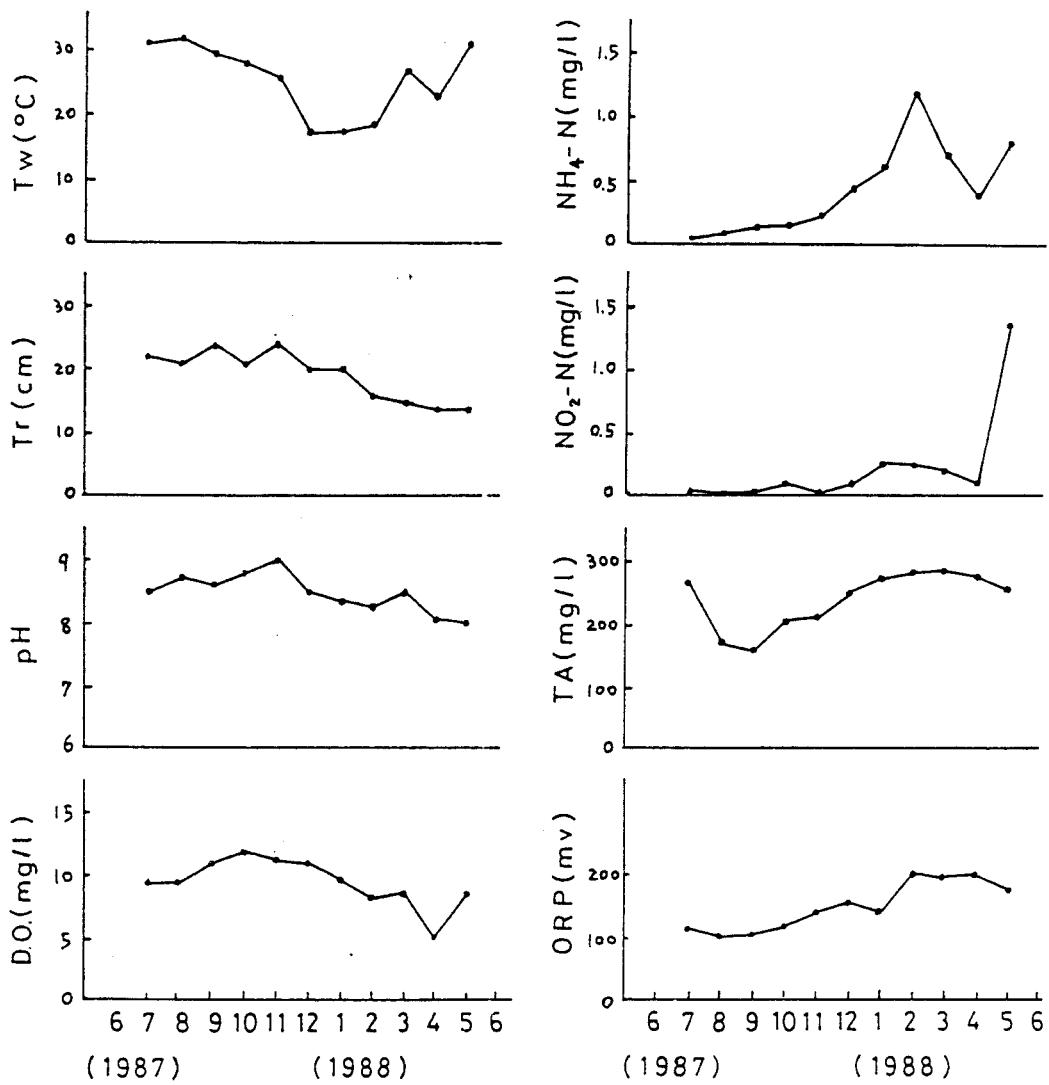
從以上結果來看，當鰻魚養殖至77年5月10日時（距開始放養已有11個月），pH開始下降，氨氮和亞硝酸氮大量增加，表示養殖環境已開始惡化。尤其是8號池，水色從草綠變為褐綠色、pH降至7.74、氨氮增至 $1.96\text{mg}/\ell$ ，另據東吳大學微生物系的實驗結果，總生菌數已達 2×10^6 個/毫升，超過往常的10倍以上⁽²⁰⁾，這可能就是8號池鰻魚5月中、下旬發生鰻病死亡的原因。因此，pH、氨氮、總生菌數等似乎可做為判斷鰻池水質的指標。

Table 8. Fundamental data of water quality in the pond No. 7

Item	Sampling time										
	Jul.14, 1987,1410	Aug.18, 1987, 1300	Sep.15, 1987, 1250	Oct.21, 1987,1410	Nov.17, 1987,1300	Dec.15, 1987,1220	Jan.12, 1988,1210	Feb.9, 1988,1130	Mar.15, 1988,1230	Apr.12, 1988,1145	May.10, 1988,1225
Water temperature (°C)	31.0	32.0	29.2	28.1	25.7	17.1	17.7	18.8	27.1	22.9	31.3
Water color	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Transparency (cm)	22	21	24	21	24	20	20	16	15	14	14
pH	8.48	8.73	8.60	8.78	8.99	8.48	8.34	8.25	8.51	8.08	8.01
D.O.(mg/l)	8.6	9.0	12.2	13.6	12.4	12.1	9.4	8.4	8.7	5.5	8.7
NH ₄ -N(mg/l)	0.04	0.1	0.16	0.16	0.23	0.45	0.6	1.2	0.7	0.40	0.82
NO ₂ -N(mg/l)	0.048	0.006	0.008	0.12	0.003	0.12	0.26	0.24	0.20	0.10	1.36
Fe(mg/l)	—	—	—	0.24	0.3	0.32	0.36	0.36	0.30	0.30	0.50
Total alkalinity (mg/l)	260	170	160	205	210	250	270	280	285	275	254
Redox potentials (mV)	115	105	107	118	143	158	142	206	196	203	173
Salinity (‰)	1	2	2	1.5	1.5	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Table 9. Fundamental data of water quality in the pond No. 8

Item	Sampling time										
	Jul.14, 1987,1430	Aug.18, 1987, 1330	Sep.15, 1987, 1320	Oct.21, 1987,1430	Nov.17, 1987,1320	Dec.15, 1987,1240	Jan.12, 1988,1230	Feb.9, 1988,1150	Mar.15, 1988,1240	Apr.12, 1988,1155	May.10, 1988,1240
Water temperature (°C)	31.0	32.0	29.3	28.3	25.5	17.0	17.8	18.9	27.2	22.5	31.0
Water color	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Brown-Green
Transparency (cm)	18	17	22	17	21	23	19	17	16	15	15
pH	8.36	8.59	8.52	8.82	8.45	8.37	8.36	8.20	8.38	8.04	7.74
D.O(mg/l)	9.1	10.2	12.6	15.0	10.1	10.6	9.8	8.5	8.0	6.2	6.2
NH ₄ -N(mg/l)	0.08	0.13	0.14	0.37	0.62	0.80	0.7	1.0	0.6	0.42	1.96
NO ₂ -N(mg/l)	0.036	0.0015	0.006	0.07	0.14	0.28	0.3	0.26	0.48	0.12	0.72
Fe(mg/l)	—	—	—	0.26	0.35	0.36	0.28	0.30	0.26	0.28	0.8
Total alkalinity (mg/l)	264	180	178	213	230	242	260	282	310	312	242
Redox potentials (mV)	112	107	109	115	154	150	148	210	203	206	176
Salinity (‰)	1	2	2	1.5	1.5	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5



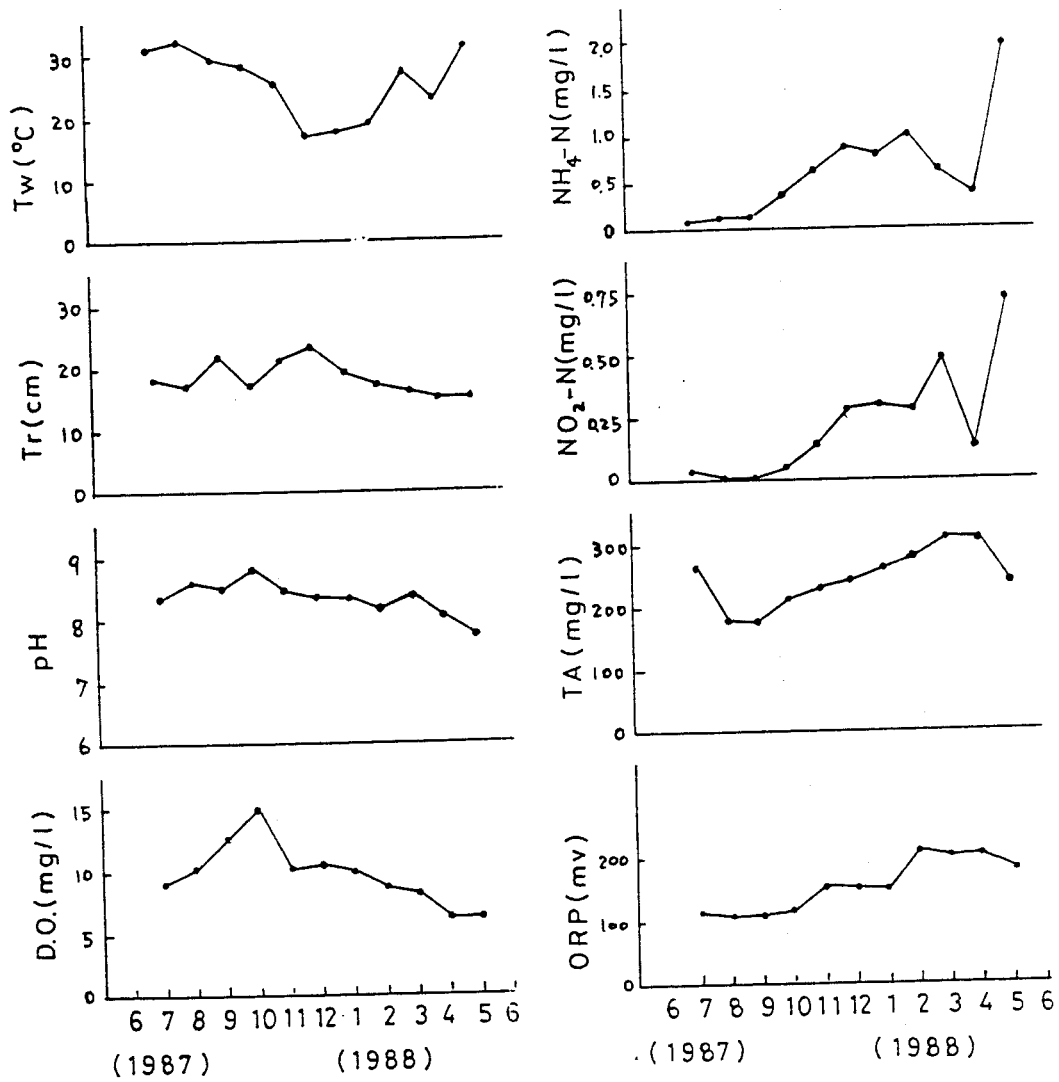
Tw: Water temperature

Tr: Transparency

TA: Total alkalinity

ORP: Redox potentials

Fig 14. Monthly variation of water quality in eel pond
(Pond No. 7)



Tw: Water temperature

Tr: Transparency

TA: Total alkalinity

ORP: Redox potentials

Fig 15. Monthly variation of water quality in eel pond (Pond No. 8)

四、魚鴨綜合經營池的水質研究

魚鴨綜合經營池是漁牧綜合經營池的一種，它可利用鴨糞供魚使用，是一種可以節省餌料的養殖方式。

鴨糞中有機質含量豐富，每公噸鴨糞約有氮肥10公斤、磷肥13公斤、鉀肥4.5公斤⁽²¹⁾。這些豐富的有機質排入池塘後，會造成植物性浮游生物的大量繁殖，使池水呈現濃濃的綠色，這就是魚鴨綜合經營池池水通常較“肥”的原因。

本試驗所調查的池子是台南縣麻豆地區的2個池子，池名依次編為9號池和10號池。9號池面積1.4公頃，主要放養吳郭魚10,000尾，另有草魚、鯉魚和大頭鯪等淡水魚類。自76年3月29日開始放養，至77年7月中旬收成，總共收穫魚類1萬7千餘斤。本池全年中僅養1期鴨子，期間自77年3月7日至5月中旬，共養5,000隻土番鴨。10號池面積0.3公頃，主要做蓄水用，並放養若干魚類，沒養鴨子。9號池的水質測定結果如表10、圖16；10號池的水質測定結果如表11。

由表10可知，9號池的水溫分佈為14.6—33.0℃，透明度為15—32cm，pH為7.89—8.98，溶氧為3.4—18.1mg/l，以上均和去年度的測定值相近⁽²²⁾。氨氮為0.12—4.8mg/l，當77年4月26日氨氮高達4.8mg/l時，仍未造成池魚的死亡，可見吳郭魚、草魚、大頭鯪等對氨的忍耐力是很強的。亞硝酸氮為0.0015—0.48mg/l，當76年8月25日亞硝酸氮高達0.48mg/l時，也沒有造成池魚的死亡。但據養殖戶說，該池魚類的成長較往年約慢2、3個月。總鹼度分佈在370—574mg/l之間，比草蝦池和鰻池的總鹼度高。氧化還原電位分佈在108—192 mV之間。

在本省許多種型態的養殖池中，魚鴨綜合經營池是比較常發生異味的養殖池之一。有關養殖魚類臭味方面的報告很多⁽²³⁻³⁸⁾，目前已經知道養殖魚類的臭味主要是由會產生臭味物質（如 Geosmin, 2-Methylisoborneol 和 Mucidone等）的藻類和放射狀菌類所引起。在本省的養殖池中，至目前為止已發現 *Anabaena macrospora*, *A. viguieri*, *Anabaenopsis circularis* 和 *Oscillatoria tenuis* 等4種藻類與池魚發生臭土味（臭味中的1種）有關⁽³⁹⁻⁴¹⁾；某些放射狀菌類也與池魚發生臭土味有關⁽⁴²⁾。

在本試驗中，9號池養殖的魚類在77年3月至5月間也曾經感染到臭土味，據中央研究院植物研究所的報告⁽⁴³⁾指出，9號池在這段期間內含有 *Oscillatoria tenuis* 和 *Anabaenopsis circularis* 等可能會引起臭土味的藻類。由此可知，9號池魚類發生臭土味，可能就是 *Oscillatoria tenuis* 和 *Anabaenopsis circularis* 等藻類引起的。

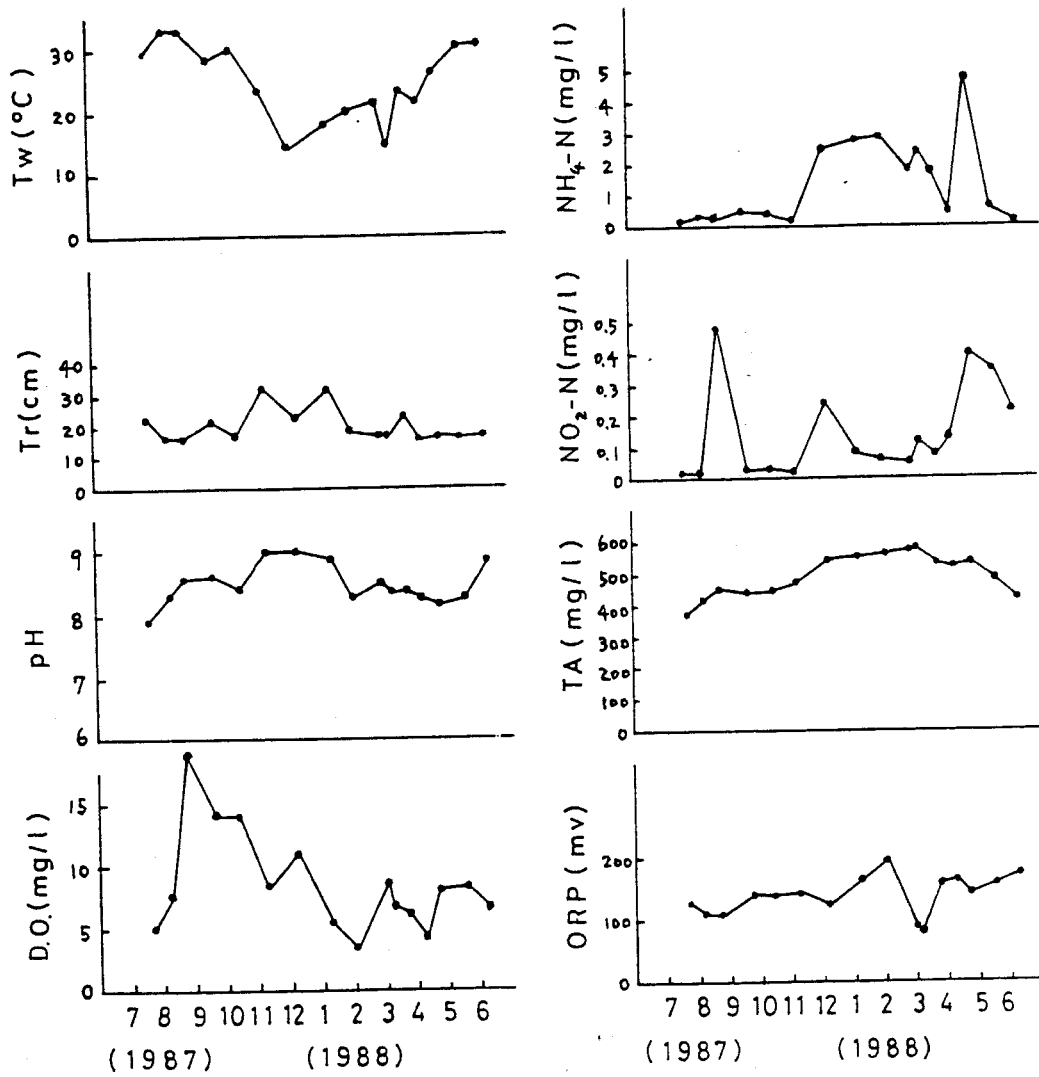
為了解決這些會引起臭土味藻類的困擾，最好的方法是換水。但有些養殖池因礙於沒有良好而充足的水源，所以並不能藉換水來消除魚類的臭土味。因而筆者乃嘗試使用藥物來殺滅藻類的方法，並且已經得知0.5 ppm的硫酸銅有殺滅 *Anabaenopsis circularis* 的效果⁽⁴⁰⁾。最近也從 *Oscillatoria tenuis* 的純粹培養液中，初步得知1 ppm的硫酸銅有殺滅 *Oscillatoria tenuis* 的作用。由於硫酸銅對人體和養殖環境都有某種程度的影響，所以今後在這方面，必須繼續研究出更理想的方法。

謝 辭

本試驗承蒙廖所長一久博士的指導與鼓勵。農委會李武忠技正的鼎力協助。中央研究院植物所吳俊宗博士、動物所雷淇祥博士、海洋學院陳瑤湖教授、台灣大學陳弘成教授、東吳大學趙維良教授、東海大學閻立平教授、中興大學楊秋忠教授、中山大學李玉玲教授、屏東農專黃文英教授、陳金源教授等的大力協助，使研究工作受益良多。中興大學並且提供調查採樣用車。使本試驗得以順利完成，謹此表示最大謝意。而且調查採樣期間，承蒙本所台西養殖中心吳純衡主任、本分所張明輝助理研究

Table 10. Fundamental data of water quality in the pond No. 9

Item	Sampling time															
	Jul.22, 1987,1120	Aug.11, 1987, 1010	Aug.25, 1987,1320	Sep.22, 1987,1330	Oct.14, 1987,1350	Nov.10, 1987,1100	Dec.8, 1987,1150	Jan.8, 1988,1150	Feb.2, 1988,1040	Mar.1, 1988,1430	Mar.7, 1988,0900	Mar.22, 1988,1350	Apr.7, 1988,1100	Apr.26, 1988,1050	May.17, 1988,1050	Jun.7, 1988,1100
Water temperature (°C)	29.0	32.8	33.0	27.8	30.2	23.4	14.6	18.1	20.1	21.7	14.5	23.5	21.5	26.2	30.2	30.5
Water color	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Transparency (cm)	22	16	16	22	17	32	22	32	18	17	17	23	15	16	16	17
pH	7.89	8.29	8.55	8.58	8.42	8.98	8.97	8.65	8.25	8.52	8.33	8.36	8.28	8.16	8.24	8.79
D.O.(mg/l)	5.0	7.5	18.1	14.0	14.2	8.4	11.0	5.4	3.4	8.6	6.6	6.2	4.1	8.2	8.3	6.7
NH ₄ -N(mg/l)	0.16	0.31	0.23	0.42	0.38	0.12	2.5	2.8	2.9	1.8	2.4	1.75	0.40	4.8	0.6	0.18
NO ₂ -N(mg/l)	0.012	0.0015	0.48	0.024	0.03	0.015	0.24	0.08	0.06	0.05	0.12	0.07	0.13	0.4	0.35	0.21
Fe (mg/l)	-	0.2	0.2	0.4	0.2	0.24	0.3	0.42	1.2	1.5	1.5	0.7	0.8	0.6	0.4	0.3
Total alkalinity (mg/l)	370	420	452	444	448	470	540	550	560	570	574	530	520	540	485	420
Redox potentials (mV)	123	108	108	138	136	144	119	162	192	135	132	154	163	143	157	173
Salinity (‰)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
Muddy odor	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-



Tw: Water temperature

Tr: Transparency

TA: Total alkalinity

ORP: Redox potentials

Fig 16. Monthly variation of water quality in the fish-cum-duck pond (pond No. 9)

員，及養殖戶許昌興先生、黃先賜先生、曾天護先生、林水來先生、陳哲義先生惠予提供試驗用池及有關養殖資料，在此一併深深致謝。最後，感謝農委會之經費補助，本計劃編號為77農建-3.1-漁-33(2)。

摘 要

從76年7月起至77年6月止，針對本省西南部草蝦池、鰻池和魚鴨綜合經營池等3種型態的養殖池，進行養殖環境的調查和水質的測定工作，項目包括水溫、水色、透明度、pH、溶氧、氨氮、亞硝酸氮、鐵、總鹼度、氧化還原電位、鹽度、藻類相和放養密度等。

草蝦池的放養密度高達每公頃56萬和57萬尾者，到養殖後期有成長遲緩的現象；放養密度低（每公頃5萬尾和18萬尾者）的池子，收穫時蝦子較大，但單位生產量無法提高。

隨著草蝦養殖期間的推移，透明度會逐漸降低，氨氮和亞硝酸氮會逐漸增加，而放養密度高的池子，氨氮和亞硝酸氮的增加也更顯著。藻類能增加水中溶氧並使pH上升，從蝦池24小時的日變化中，得知藻類數量多，光合作用旺盛的池子，pH和溶氧的日變化比較大。白天溶氧很高的池子，夜間往往會降到很低，值得注意。下雨會降低池水的鹽度，也會使pH降到8以下。

在止水式養鰻養殖的後期，由於有機物的累積，會使養殖環境逐漸惡化。在本試驗中，當pH降到7.74、氨氮增高到1.96 mg/l、總生菌數劇增到 2×10^6 個/毫升時，池鰻即發生病害和死亡。

在魚鴨綜合經營的池塘中，發現氨氮高達4.8mg/l，或亞硝酸氮高達0.48mg/l的濃度時，吳郭魚、草魚、鯉魚等淡水魚類仍未發生死亡的情形，但據養殖戶說，該池魚類的成長較往年約慢2、3個月。

從魚鴨綜合經營的池塘中，也發現小顫藻（*Oscillatoria tenuis*）和頂圈藻（*Anabaenopsis circularis*）可能是使池魚引起臭土味的藻種。經初步實驗，0.5 ppm的硫酸銅有殺滅頂圈藻的作用；1 ppm的硫酸銅有殺滅小顫藻的作用。

參 考 文 獻

1. 湯弘吉(1985)。池塘水質管理。農委會等編，36-37。
2. 陳建初(1981)。水質分析。九大圖書公司，53-54。
3. 魚病防治專案小組(1988)。本省草蝦大量死亡之原因與因應對策，p.3。
4. 丁明儒(1987)。水質分析與管理。養蝦總纜，p.125。
5. 李玉玲(1987)。養殖環境及魚類異味改善計劃進度報告，未發表。
6. 丁雲源(1987)。草蝦養殖。19-25。漁業推廣叢書。
7. 養蝦總纜編輯室譯(1987)。水質調查自己做。養蝦總纜，129-141。
8. 陳弘成(1987)。草蝦養殖池的水質基準。養蝦總纜，p.116。
9. 何仲森(1987)。台灣的草蝦養殖，182-187。
10. 丁雲源(1970)。草蝦、沙蝦氧消耗量之研究。台灣省水產試驗所試驗報告，16, 111-118。
11. 廖一久、黃漢津(1975)。台灣經濟蝦類之呼吸研究一工：草蝦之卵至稚蝦期之氧氣消耗量及致死溶氧量。台灣水產學會刊，4(1)，33-50。
12. T.-S. Chin and J.-C. Chen (1987). Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 66, 247-253.

13. J-C. Chen and T.-S. Chin (1988). Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon*, larvae. *Aquaculture* 69, 253-262.
14. 陳勝香(1987)。台灣養鰻業最近的動向。高雄漁訊，7(10)，25-26。
15. 胡舜智(1977)。談養鰻。水產養殖要覽，248-252。
16. 大倉正(1986)。ウナギをストレスから守る養殖法。養殖，23(6)，66-70。
17. 松井魁(1972)。鰻學〔養成技術篇〕。恒星社厚生閣，p.367。
18. 飯塚三哉(1967)。ウナギ。農山漁村文化協會。61-62。
19. 山形陽一・丹羽誠(1979)。亞硝酸のウナギに対する毒性について。水産増殖，27(1)，5-11。
20. 趙維良(1988)。養殖環境及魚類異味改善計劃進度報告，未發表。
21. 戴謙(1980)。鴨。台灣農家要覽，p.1987。
22. 郭世榮、丁雲源。台灣南部四種養殖池水質調查與研究，未發表。
23. Dougherty, J.D., R.D. Campbell, and R.L. Morris. (1966). Actinomycetes, isolated and identification of agent responsible for musty odours. *Sci. wash., D.C.*, 152 :1372.
24. Gerber, N.N. (1967). Geosmin, an earthy-smelling substance isolated from actinomycetes. *Biotech. Bioeng.*, 9 : 321-327.
25. Gerber, N.N. (1974). Microbiological production of geosmin. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. EPA-670/2-74-094, 8 p.
26. Gerber, N.N. and H.A. Lechevalier. (1965). Geosmin, an earthy-smelling substance isolated from actinomycetes. *Appl. Microbiol.*, 13 : 935-938.
27. Izaguirre, G., C.J. Hwang, s.w. Krasner, and M.J. McGuire. (1982). Geosmin and 2-methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply systems. *Appl. Environ. Microbiol.*, 43 : 708-714.
28. Kikuchi, T., T. Mimura, K. Harimaya, H. Yano, T. Arimoto, Y. Masada, and T. Inoue, (1973). Odorous metabolites of blue-green alga : *Schizothrix muelleri* Nageli collected in the southern basin of Lake Biwa. *Chem. Pharm. Bull.*, 21 : 2342-2343.
29. Krasner, S.W., C.J. Hwang, and M. J. McGuire. (1983). A standard method for quantification of earthy-musty odorants in water, sediments, and algal cultures. *Wat. Sci. Tech.*, 15 : 127-138.
30. Lovell, R.T. (1976). Flavor problems in fish culture. FAO Technical Conference on Aquaculture, May 26-June 2 1976 in Kyoto, Japan. 7 p.
31. Lovell, R. T. and L.A. Sackey. (1973). Absorption by channel catfish of earthy-musty flavor compounds synthesized by cultures of blue-green algae. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 102 : 774-777.
32. Medsker, L.L. and J.F. Thomas. (1968). Odorous compounds in natural waters : an earthy-smelling compound associated with blue-green algae and actinomycetes. *Environ. Sci. Tech.*, 2 : 461-464., 123 p.
33. Persson, P.-E. (1979). The source of muddy odor in bream (*Abramis brama*) from the Porvoo Sea arer (Gulf of Finland) *J. Fish. Res. Board Can.*, 36 : 883-890.
34. Persson, P.-E. (1980). Sensory properties and analysis of two muddy odour compounds, geosmin and 2-methylisoborneol, in water and fish. *Water Res.*, 14 : 1113-1118.
35. Persson, P.-E. (1983). Off-flavors in aquatic ecosystems. *Wat. Sci. Tech.*, 15 : 1-11.

36. Safferman, R. S., A.A. Rosen, C.I. Mashni, and M.E. Morris. (1967). Earthy-smelling substances from a blue-green alga. *Environ. Sci. Tech.*, 1 : 429-430.
37. Tabachek, J. -A.L. and M. Yurkowski. (1976). Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites, geosmin, and 2-methylisoborneol, in saline lakes in Manitoba. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 : 25-35.
38. Yurkowski , M. and J.-A.L. Tabachek. (1980). Geosmin and 2-methylisoborneol implicated as a cause of muddy odor and flavor in commercial fish from Cedar Lake, Manitoba. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37 : 1449-1450.
39. 吳俊宗(1986)。藻類與魚類泥土味關係。養殖環境改善及魚類異味之防止與去除研究(-)。農委會漁業特刊，5，95-105。
40. 郭世榮、丁雲源(1986)。台灣南部養殖環境調查和消除魚類臭土味試驗。養殖環境改善及魚類異味之防止與去除研究(-)，農委會漁業特刊，5，77-88。
41. 湯弘吉、白隆慧(1986)。台灣北部淡水養殖環境及養殖魚類泥土味研究。養殖環境改善及魚類異味之防止與去除研究(-)，農委員漁業特刊，5，61-76。
42. 閻立平(1986)。養殖環境與產土味放線菌發生之關係。養殖環境改善及魚類異味之防止與去除研究(-)，農委會漁業特刊，5，107-117。
43. 吳俊宗(1988)。養殖環境及魚類異味改善計劃進度報告，未發表。