

文蛤池底質調查與試驗

何雲達

The investigation and experiment of the bottom soil of the hard clams *Meretrix lusoria* ponds

Yun-Dar Hon

The investigation of three hard clam rearing ponds revealed that the longer the ponds were rearing, the lower the oxidation-reduction potential(ORP) mV values of the bottom soil. During the initial rearing period, the ORP mV value of was lower than that of the later half. And the mV value of polyculture ponds was lower than that of mono culture ponds. During the rearing period, the growth of hard clams was not related to the ORP mV value. In general, during rearing period, the pH values in the three ponds decreased when the mV values were declining. The seasonal fluctuations of pH values of the three ponds were very uniform.

Result of the experiment of bottom soil revealed that low pH values caused higher mortality of hard clams when the reduction layer was forming, but was not related to the ORP mV value. After the reduction layer had been formed, and the pH values of bottom soil were above 7.5, the growth of hard clams was not related to the pH values. But when pH values were below 7.5, the growth of hard clams decreased when pH values decreased. Growth of hard clams was not related to the ORP mV value, when the pH values of bottom soil were below 7.5.

前 言

文蛤為本省西部沿岸及海埔魚塢之主要養殖物，養殖設備成本投資低，利潤平穩，一般都與草蝦、斑節蝦、沙蝦、紅尾蝦、虱目魚等混養，魚蝦放養密度低，卻可增加可觀之收益。在混養期間需投撒飼料餵魚蝦，而間接餵飼文蛤，似乎一舉兩得，事實不然；因魚蝦量雖少，每日之攝食量不易推算，每天仍需投撒固定量之飼料，池底常有殘餌排泄物堆積，而藻類及文蛤未必能完全利用這些沉積物，池底之還原層（reduced layer）因此而形成，底質逐漸惡化。當天氣異常或不穩定，棲息於底土中之文蛤即感不適應，浮出土面，惡劣環境若持續數天未改善，少部份文蛤開始死亡，大部份文蛤身體虛弱，緊接著大量死亡。惡化中之底質若未作改良或改良不善，不適宜於養殖物成長或生存，即俗稱為老化。老化之程度雖可由養殖物成長所受抑制之程度或過程指標，但影響養殖物成長之因素繁多，池塘老化為其因素之一，故需更廣泛的探討池塘老化程度之最適指標，以瞭解何種老化程度需以何種方式改良，因文蛤為底棲動物，底質之優劣為其生死存亡之關鍵，而文蛤底質試驗，在於探討其老化之指標。

材料與方法

一、文蛤養殖池底土氧化還原電位測定：

在臺西水產養殖中心附近選擇養殖歷史不同之三口池塘，以每兩星期測定一次為原則，每口池塘測定五個站，每站之測定為：方形池塘距四個角約20公尺處各設一站，及中心點一站，以小型採土器採底土面積0.04平方公尺，因底土硬軟不同，所採土量不均。儘量在現場進行氧化還原電位(oxidation-reduction potential 簡稱ORP)與酸鹼度測定，所採文蛤攜回實驗室定體重與體長。

最初使用HANNA廠牌之HI 8424 MICROPROCESSOR pH METER所附加之白金電極測定mV值，以1英寸口徑之塑膠管採底土5公分，用塑膠袋密封帶回實驗室，再裝入燒杯用玻璃棒攪拌後再測定，在測定過程中mV值無法穩定，至少要30分鐘以後變化較緩，再記錄其變化範圍。連續測試各不同文蛤池之底土，其mV值一直令人認為不大可靠，只能作為某一時刻各池之相對參考值，因該電極之mV值之歸零或校正困難，不同時間之mV值難作較客觀之比較。

當選定池塘作定期測定時，改用WTW廠牌之BEDIENUNGSANLEITUNG ium pH 91機種，所附加之白金電極測定mV。所選擇之池塘No.1為建已15年之老魚塢，池內文蛤草蝦混養，魚塢面積2.6公頃，文蛤放養量90萬粒，草蝦放養量8萬尾，養殖三個月後才裝水車，放養前之整池方式為全池翻土，但僅曝曬15天，池底尚未龜裂。No.2池為海埔地內魚塢，建造5年，池內亦文蛤草蝦混養，面積3公頃，文蛤放養量250萬粒，草蝦放養量24萬尾，養殖兩個半月後才裝水車，放養前推土整平，未予曝曬及翻土。No.3池為本中心之田間池，建造3年，單養文蛤，面積0.84公頃，文蛤放養量250萬粒，備水車未曾使用，放養前曬乾池底未龜裂即翻土整坪撒茶粕180公斤，過磷酸石灰100公斤，尿素80公斤，養殖期間未作施肥投餌，測定第一個月不定期抽注另一紅尾蝦單養池之藻水。三口池塘均自1987年4月10日起開始測定氧化還原電位之mV值，pH值，文蛤數量與大小。

二、文蛤養殖池底質試驗：

在1000平方公尺之田間試驗池中，以帆布隔絕池底，再分8個間區，每一區間長6公尺寬0.7公尺，填含混合不同比例黃豆粉之細沙0.7公分高，混合於沙中之黃豆粉比例各別為：14%、10%、6.67%、4%、2%、0.6%、0%，及原池底土為對照組，共計8組，其排列次隨機抽籤為No.1：0.67%，No.2：14%，No.3：4%，No.4：6.67%，No.5：對照組，No.6：2%，No.7：10%，No.8：0%。每區間之水域相通，每隔二星期排池水至水深5公分，以便現場測定氧化還原電位及酸鹼度，每隔約一個月試行放養文蛤苗，測試各區間文蛤活存再作成長之測定。

結果與討論

一、文蛤養殖池底土氧化還原電位測定：

三口池塘均自1987年4月10日起開始測定氧化還原電位之mV值，pH值，文蛤數量與大小，其各池各站測定平均值如表1、2及3。

三口養殖歷史不同之池塘，每季養殖前整池方式大同小異，分5個測定站測定氧化還原電位mV值，依據三個表看來，有好幾次同池各站所測mV值差異懸殊，尤其以養殖前期較為嚴重，養殖後期略微緩和，可能與整池後底質分佈不均勻有關，而酸鹼度之pH值無此現象，每次測定各站之差異較小，每次所採文蛤總數量太少，但仍有幾次總數量提高，因採泥器採土深度很有限，未達文蛤正常潛沙深度，而採集量增加表示文蛤對棲息環境不適應，在作遷居之件備露出土青面，以表1之No.1池塘七月份之採集較為顯著，在表2 No.2池塘5月與7月各有一次採集量量偏高，而

表2 No. 池塘養殖期間各測定站之ORP·PH文蛤數量大小及其平均值

Table 2 The number and mean size of hard clam and mV of ORP and PH at every sampling station of No. pond for each measurement

日期	項目	站別						mean or Total	
		NE	NW	SE	SW	C			
10 Apr. 1987	ORP	-221	-149	-191	-231	-145	-187	36	
	pH	7.15	7.36	7.22	7.20	7.51	7.29	0.13	
	n	1	0	7	0	1	9		
24 Apr. 1987	Weight	1.31	-	3.09	1.16	-	6.26	3.25	1.58
	length	16.9	-	23.5	4.0	-	29.4	23.4	4.6
	n	4	0	0	0	2	0		
8 May 1987	ORP	-548	-478	-478	-290	-345	-428	95	
	pH	7.20	7.27	7.24	7.47	7.36	7.31	0.10	
	n	4	0	0	0	2	0		
22 May 1987	Weight	3.48	0.28	-	-	5.67	1.98	4.21	1.48
	length	23.3	0.8	-	-	27.9	3.2	24.8	2.9
	n	13	2	2	5	2	24		
5 June 1987	ORP	-400	-522	-463	-433	-380	-460	62	
	pH	7.66	7.54	7.48	7.84	7.85	7.67	0.15	
	n	13	2	2	5	2	24		
19 June 1987	Weight	2.67	1.3	6.88	2.36	3.92	0.86	1.31	1.17
	length	21.5	3.6	30.4	4.2	24.5	1.6	20.7	2.7
	n	4	3	1	0	5	9		
5 June 1987	ORP	-508	-615	-373	-378	-455	-466	90	
	pH	7.34	7.05	7.23	7.31	7.29	7.24	0.10	
	n	4	3	1	0	5	9		
3 July 1987	Weight	8.76	3.47	8.38	1.45	4.18	1.91	6.36	3.44
	length	32.4	3.4	31.8	1.7	24.6	4.2	28.2	5.6
	n	2	7	3	3	-	12		
15 July 1987	ORP	-215	-309	-239	-217	-191	-234	40	
	pH	7.26	7.42	7.46	7.38	.53	7.41	0.09	
	n	2	7	3	-	-	12		
3 July 1987	Weight	4.55	0.57	5.90	2.83	4.59	1.92	5.35	2.47
	length	25.7	1.5	27.4	5.8	25.3	3.3	26.7	4.6
	n	6	1	-	3	1	11		
15 July 1987	ORP	-265	-284	-159	-119	-229	-227	45	
	pH	7.87	7.81	7.79	7.91	8.00	7.88	0.08	
	n	6	1	-	3	1	11		
3 July 1987	Weight	7.52	2.62	15.42	-	4.24	1.06	9.64	7.54
	length	30.3	3.7	40.0	-	24.8	1.6	32.9	29.9
	n	2	4	4	2	2	14		
15 July 1987	ORP	-250	-243	-305	-233	-228	-252	28	
	pH	7.41	7.80	7.47	7.79	7.45	7.58	0.17	
	n	2	4	4	2	2	14		
31 July 1987	Weight	5.87	2.12	9.19	2.51	4.20	1.67	7.33	0.45
	length	27.9	3.9	33.2	4.4	24.6	3.6	30.1	0.3
	n	1	4	11	5	1	22		
13 Aug. 1987	ORP	-230	-177	-171	-228	-228	-207	27	
	pH	8.00	7.83	7.99	7.95	7.85	7.92	0.07	
	n	1	4	11	5	1	22		
31 July 1987	Weight	4.60	11.43	3.23	7.24	2.68	5.61	1.55	5.19
	length	25.3	34.9	3.3	30.5	3.6	27.8	3.0	26.8
	n	2	4	3	4	1	11		
13 Aug. 1987	ORP	-244	-270	-249	-214	-216	-239	21	
	pH	7.44	7.06	7.17	7.08	7.19	7.19	0.14	
	n	2	4	4	1	-	11		
13 Aug. 1987	Weight	15.05	7.57	12.84	2.60	7.68	3.04	7.88	10.92
	length	38.4	7.4	36.6	2.9	30.8	4.1	32.0	34.4
	n	3	2	2	1	1	7		
13 Aug. 1987	ORP	-195	-272	-228	-230	-264	-238	28	
	pH	7.41	7.40	7.36	7.40	7.13	7.34	0.11	
	n	3	2	1	-231	1	7		
13 Aug. 1987	Weight	6.24	0.69	6.07	0.51	5.58	7.20	8.43	6.54
	length	29.8	1.9	30.5	2.3	28.3	0	31.4	30
	n	2	2	2	2	2	2		

表 3 No.3 池塘養殖期間各測定站之 ORP .PH 文蛤數量大小及其平均值
 Table 3 The number and mean size of hard clam and mV of ORP and PH
 at every sampling station of No.3 pond for each measurement

日期	項目	站別					mean of Total	
		NE	NW	SE	SW	C		
10 Apr. 1987	ORP	-208	-164	-61	-109	-92	-127	53
	pH	7.47	7.52	7.48	7.48	7.51	7.49	0.02
	n	19	50	24	5	11	109	
	Weight length	3.60 2.83 21.8 4.9	3.66 1.69 22.7 3.3	6.12 2.99 26.9 4.6	3.03 0.83 21.6 1.9	4.76 2.49 24.8 4.9	4.27 2.54 23.6 4.5	
24 Apr. 1987	ORP	+9	96	-29	+32	-5	-18	44
	pH	7.73	7.67	7.61	7.78	7.82	7.72	0.08
	n	3	21	26	3	1	54	
	Weight length	3.04 1.86 21.4 4.0	3.15 2.05 21.4 4.4	6.30 4.14 25.9 5.4	4.24 2.35 24.0 4.1	3.21 22.6	4.72 3.56 23.7 5.3	
8 May 1987	ORP	-173	-161	+189	-188	-9	-74	148
	pH	7.93	7.86	7.68	7.89	7.79	7.83	0.09
	n	4	7	2	2	3	18	
	Weight length	3.34 1.86 21.8 4.4	2.41 1.13 20.0 2.9	1.94 0.99 18.9 3.0	6.05 3.8 26.6 5.7	2.51 0.24 20.5 0.2	2.98 2.09 21.1 4.1	
22 May 1987	ORP	-169	-305	-105	-118	-203	-180	72
	pH	7.37	7.32	7.36	7.42	7.38	7.37	0.03
	n	0	1	3	1	0	5	
	Weight length	-	4.66 25.2	2.28 0.50 19.8 1.4	0.85 14.4	-	2.47 1.29 19.8 3.6	
5 June 1987	ORP	-63	-183	-79	-107	-58	-98	49
	pH	7.32	7.34	7.35	7.32	7.39	7.34	0.03
	n	-	6	2	-	1	9	
	Weight length	-	3.79 1.20 22.8 2.2	7.64 0.98 29 0.5	-	2.75 22.1	4.53 2.01 24.1 3.2	
19 June 1987	ORP	-70	-147	-47	-74	-91	-86	34
	pH	7.88	7.65	7.78	7.85	7.88	7.81	0.09
	n	-	1	1	1	1	4	
	Weight length	-	6.19 29.5	4.70 24.9	1.70 17.8	14.57 34.2	6.99 4.77 26.6 6.1	
3 July 1987	ORP	-63	-106	+2	-140	-71	-76	46
	pH	7.48	7.49	7.59	7.44	7.68	7.54	0.09
	n	1	2	2	-	1	6	
	Weight length	2.93 21.2	5.05 1.48 25.0 2.4	9.4 1.65 34 4.3	-	7.52 27.5	6.56 2.73 27.8 5.6	
15 July 1987	ORP	-39	-69	-21	+56	-14	-17	21
	pH	7.78	7.80	7.67	7.70	7.74	7.74	0.05
	n	-	2 1	1	1	1	5	
	Weight length	-	4.73 2.43 23.2 3.9	4.32 23.8	2.71 20.2	6.54 27.5	4.61 1.96 23.6 3.4	
31 July 1987	ORP	-105	-163	-96	-128	-81	-115	29
	pH	7.23	7.09	7.17	7.21	7.29	7.20	0.07
	n	1	-	1	2	3	7	
	Weight length	18.03 39.3	-	3.10 21.5	6.94 4.25 26.1 5.8	4.88 2.04 24.5 7.8	4.09 5.33 26.6 6.7	
13 Aug. 1987	ORP	-205	-182	-164	-127	-145	-165	27
	pH	7.37	7.34	7.46	7.40	7.94	7.41	0.06
	n	5	-	1	-	3	9	
	Weight length	10.06 2.64 31.2 2.6	-	3.42 22.3	-	5.75 1.42 2.6 2.7	7.89 3.30 28.5 4.1	

表 3 No. 3 池塘第一個月採集量高是由於該池文蛤在移池之前密度較高之故，在 5 月初移池後文蛤略有不適應現象，潛沙深度較淺，往後潛沙較深採集量少。但很遺憾的，文蛤對棲息環境的適應程度與底土之氧化還原電位似乎毫無相關性，對鹽鹼度而言，No. 1 與 No. 2 池塘卻有個巧合，採集量最高的一次也是 pH 平均值最高的一次。

由圖 1 與 3 所示，No. 1 與 No. 2 分別為文蛤草蝦混池塘與文蛤單養池，其氧化還原電位 mV 值與酸鹼度 pH 值間略有互相補償趨勢，即 mV 之負值愈大。相對的 pH 值愈小，而 mV 負值愈小，pH 值反而愈大。而 No. 2 之文蛤苗蝦混池在養殖後期也有此種現象，依據所採集如此少量之文蛤所作之體重體長測定平均值所繪製之重量與長度成長曲線圖，根本無法代表全池文蛤之成長狀況，因此氧化還原電位及酸鹼度之高低起伏與文蛤成長之相關性無法確立。

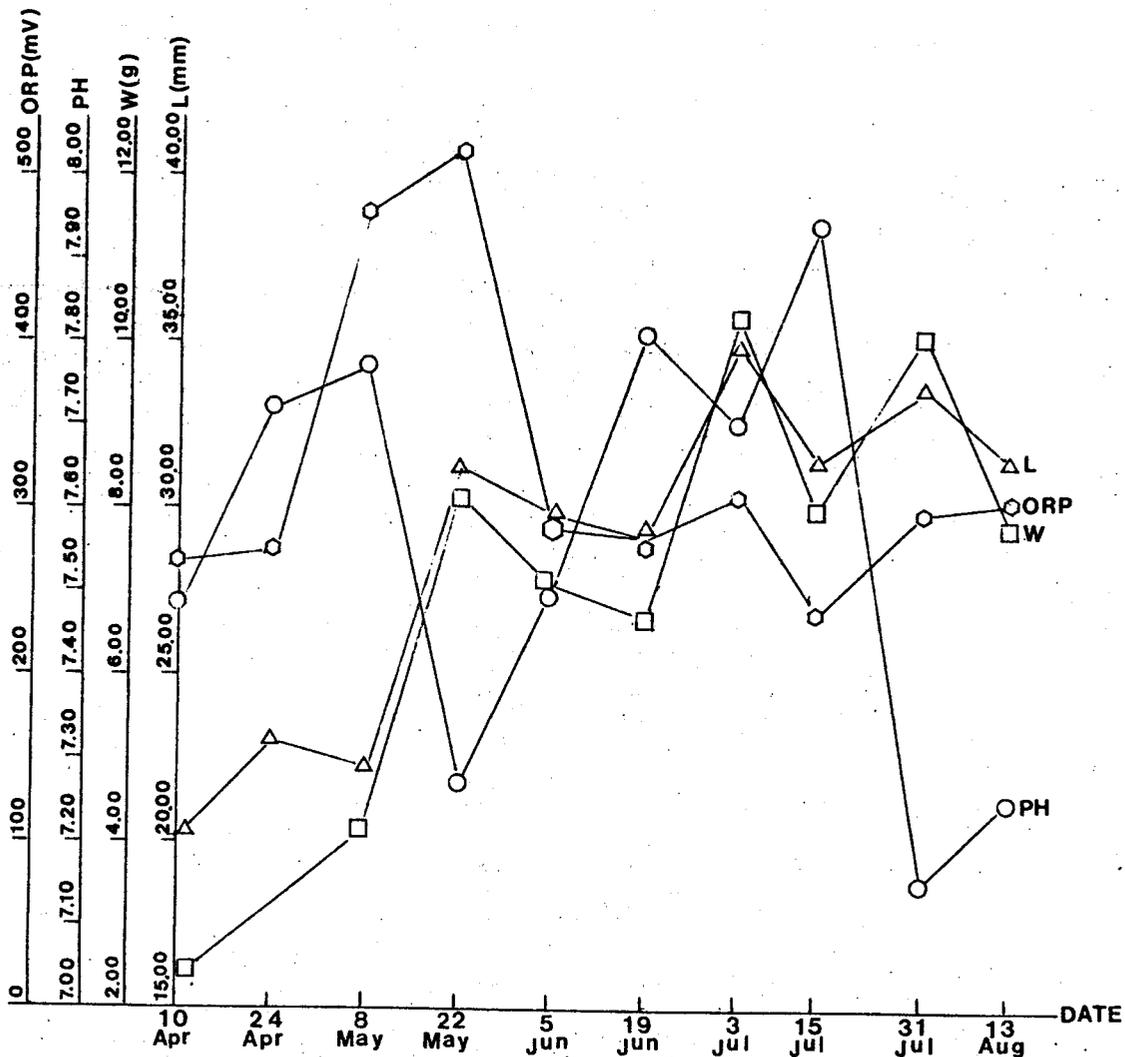


圖 1 池塘養殖期間文蛤之重量與長度成曲線及 ORP 與 PH 之變化

Fig. 1 The weight and length growth curve and pH and mV of ORP of NO. 1 pond during the rearing period.

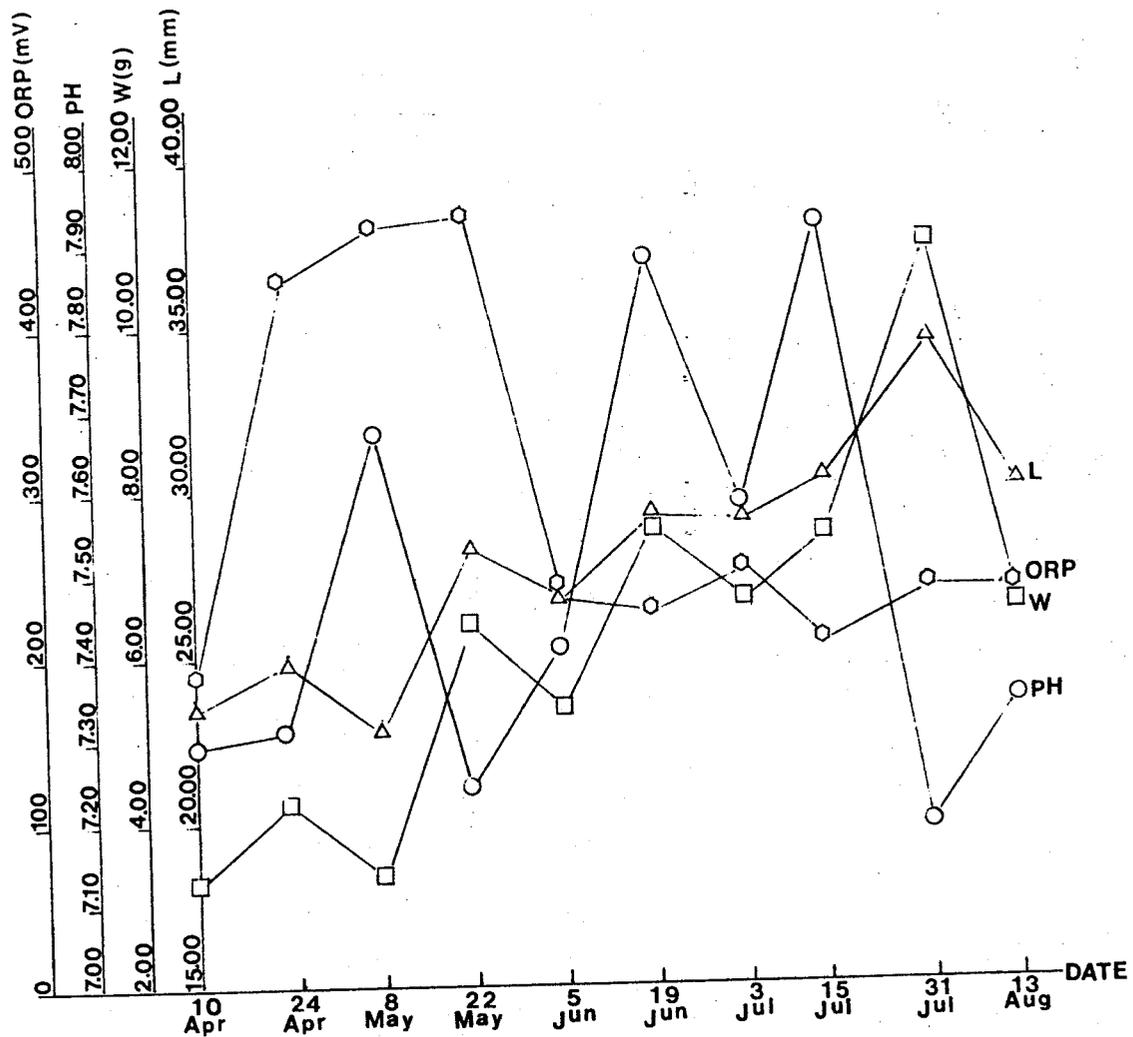


圖 2 No. 2 池塘養殖期間文蛤之重量與長度成長曲線及 ORP 與 PH 之變化
 Fig. 2 The weight and length growth curve and pH and mV of ORP of No. 2 pond during the rearing period.

由圖 4 3 口池塘之氧化還原電位比較得知，文蛤草蝦混養池在養殖前期負值高，養殖後期趨穩定，在作測定之養殖過程中，兩口池塘之曲線處極為接近，但仍以建造較久養殖歷史較長之 No. 1 池塘略高些。而文蛤單養池之氧化還原電位 mV 負值顯著低得多，但前期仍有一高峰再跌至谷底後逐漸增加中。

圖 5 之 3 口池塘底土酸鹼度比較得知，每次測定各池間 pH 值差異較小在養殖過程中 3 口池塘之高低起伏非常一致，似乎有一致之季節性變化。

二文蛤養殖池底質試驗：

本試驗於 1987 年 11 月 7 日填鋪混合不同比例黃豆粉之細砂於各區間，於 11 月 20 日、12 月 28 日、2 月 3 日、3 月 15 日、4 月 20 日各試放文蛤 20 粒，5 至 8 日後觀察其死亡率並作 pH 值及

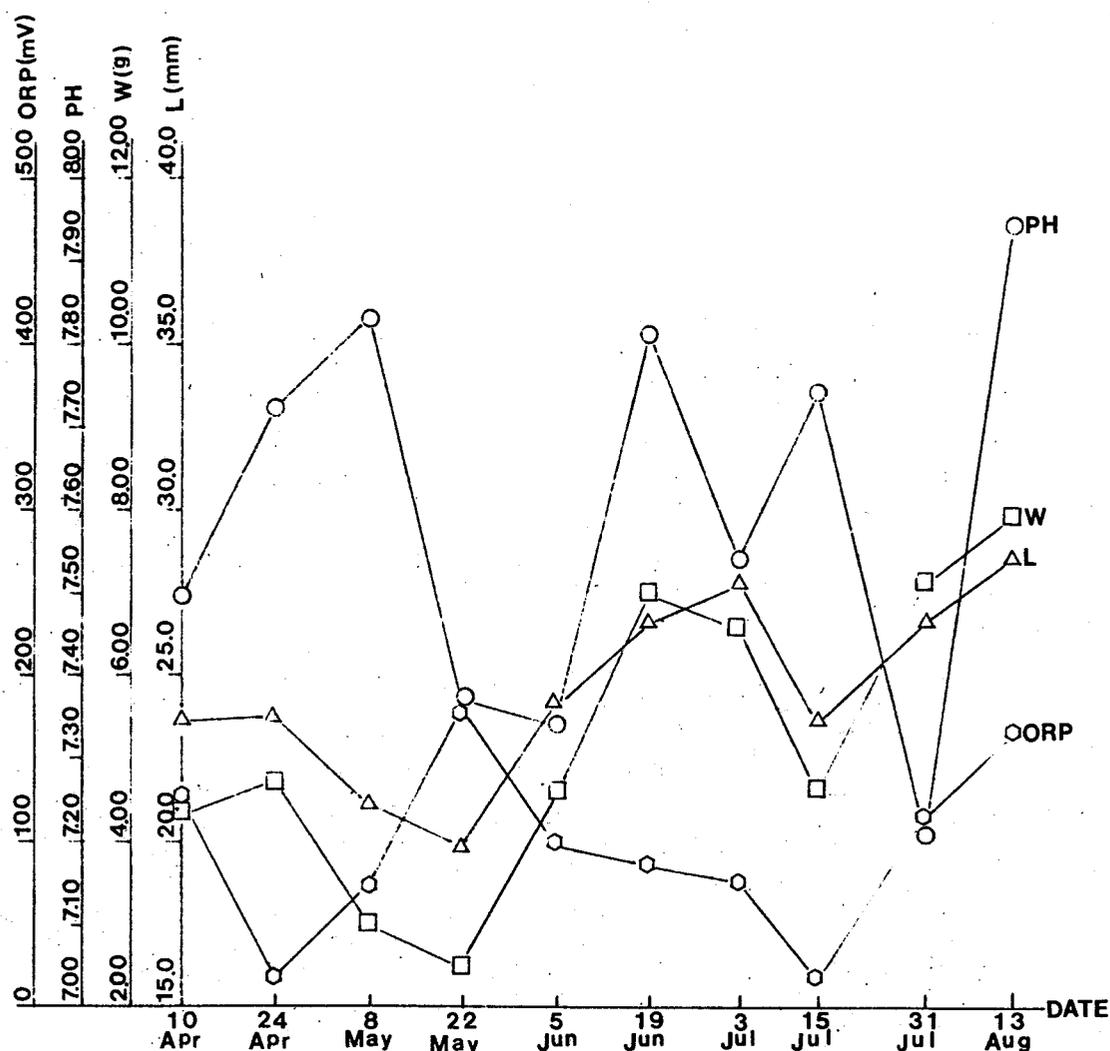


圖 3 No. 3 池塘養殖期間文蛤之重量與長度成長曲線及 ORP 與 PH 之變化

Fig. 3 The weight and length growth curve and pH and mV of ORP of No. 3 pond during the rearing period.

氧化還原電位測定，4 月 28 日測定時發現其死亡率已偏低，再將每一區間劃分為 8 個小區間，以塑膠浪板隔開，每一小區間面積約 0.5 平方米，各放文蛤苗 50 粒，進行成長試驗。各區間每月份所測定之氧化還原電位之 mV 值及 pH 值與文蛤死亡率示表 4。於表中得知，細沙中混合黃豆粉之量愈多，pH 值愈低，即土質呈酸性，而放養文蛤之死亡率也愈高。在試驗過程中，氧化還原電位之變化幅度較大，黃豆粉含量愈多，還原時間愈長，還原層形成較慢，氧化還原電位 mV 負值雖高，文蛤死亡率未必很高，而氧化還原電位 mV 負值雖不很高，文蛤之死亡率卻相當高，可見還原層在形成期間，氧化還原電位 mV 負值之高低與文蛤之死亡無關。經四個星期之成長試驗，其重量成長率與長度成長率對氧化還原電位及試驗，其重量成長率與長度成長率對氧化還原電位及酸鹼度變化之關係如表 5。

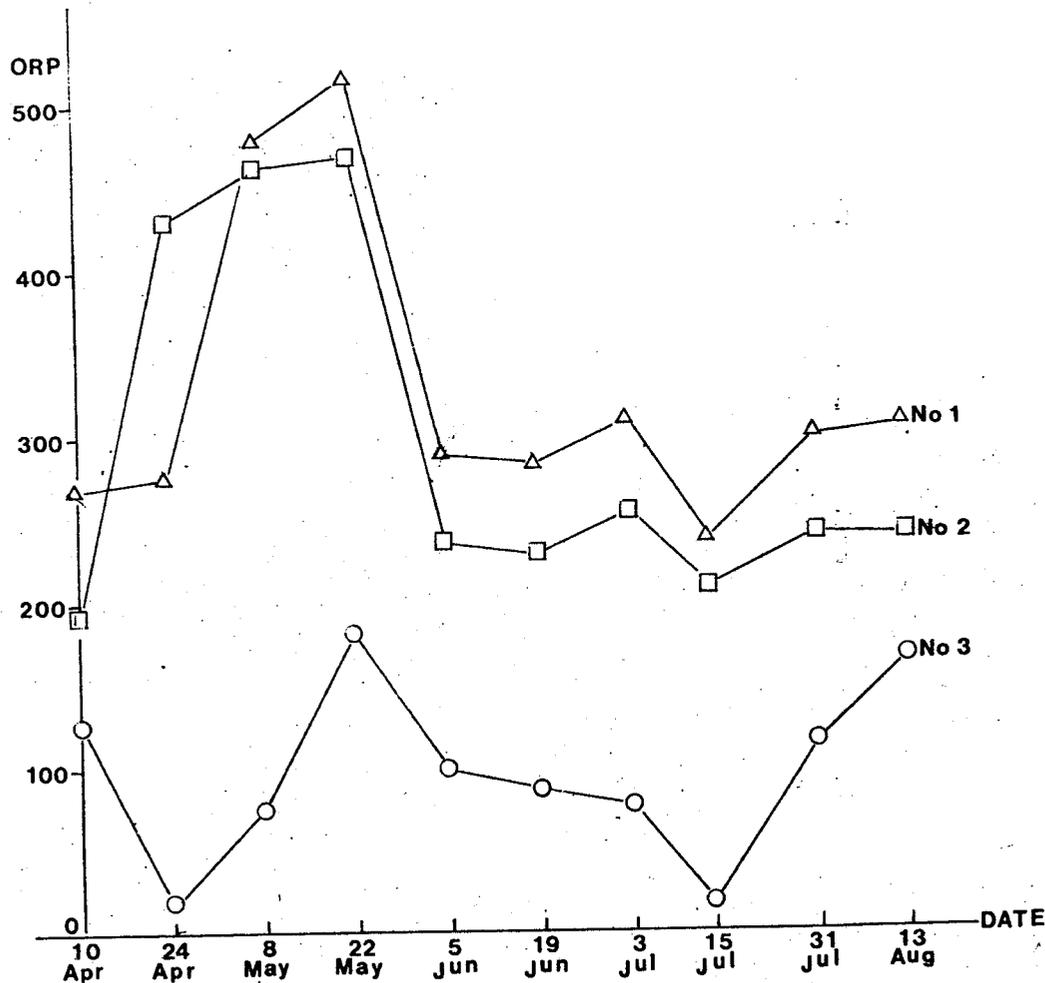


圖 4 三個池塘養殖期間之ORP比較

Fig. 4 The comparison of mV of ORP of three ponds during rearing period.

由表可知底土之 pH 值在 7.5 以上，pH 值之高低對文蛤成長之影響較不顯著，在 7.5 以下時，隨 pH 值之降低，其重量與長度成長均顯著一致下降。在還原層形成末期，氧化還原電位 mV 負值愈小有較佳之成長率，而 mV 負值雖大，pH 值不很低，仍不影響其正常成長。

氧化還原電位之測定實際應用於判斷養殖池底土老化狀況之研究，仍在摸索試驗階段，有關之報告不多。而氧化還原電位之原理與測定技術，在一般之土壤學、土壤化學、底質調查法、水質分析學等都或有較為詳細之解說。本調查試驗為配合整個養殖季節，尚待繼續進行至養殖收成才能結束，因數據尚未完全建占，無法作結論，但根據現有資料及試驗部份，以氧化還原電位之 mV 值作為池塘老化之指標，似乎有待商榷。而依林、陳、龐 (1981) 之分析指出底土之 pH 值與文蛤死亡之相關性不顯著，很令人懷疑，因既然其結論認為文蛤死亡與游離之硫離子之濃度的對數值有密切的正相關，而游離之硫離子與濃度與 pH 值之關係更為密切，本調查試驗發現 pH 值對文蛤之死亡與成長均有較大之影響。

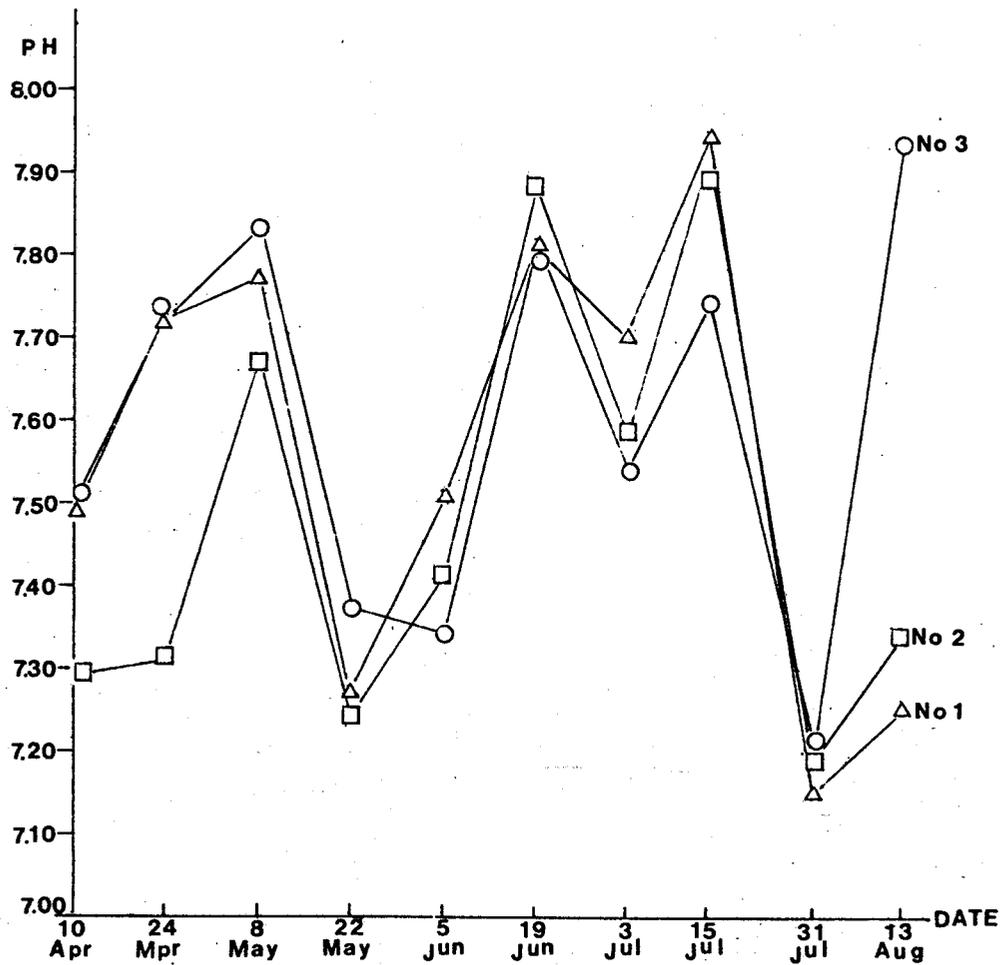


圖 5 三個池塘養殖期間之 PH 值比較

Fig. 5 The comparison of pH values of three ponds during rearing period.

摘 要

調查三口文蛤養殖池底土之氧化還原電位顯示，建造使用越久之池塘 mV 值愈低，整池後開始養殖之初期 mV 值顯著較低於養殖中期之後，且草蝦文蛤混養池較低於文蛤單養池，養殖期間文蛤之成長與 mV 值之關係不顯著。一般而言，3 口池塘在養殖期間 mV 值低時 pH 值伴隨降低，pH 值之高低起伏季節性變化 3 口池塘均很一致。底質試驗結果顯示，在還原層形成期間 pH 值愈低文蛤死亡率愈高，mV 值與文蛤死亡較無關係；還原層形成後期 pH 7.5 以上，pH 對文蛤成長之影響不顯著，pH 在 7.5 以下，pH 值愈低文蛤成長愈差，與 mV 值仍無相關性。

表 4 底質試驗各區間每月份所測定之氧化還電位及 PH 與文蛤死亡率
 Table 4 The mV of ORP and PH and survival rate of hard clams at each area of every measurement.

日期	項目	編號							
		No.1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
25 Nov. 1986	pH	7.83	5.83	6.41	6.28	7.72	6.24	5.62	8.15
	ORP	-418	-307	-274	-281	-325	-274	-270	-649
	死亡率	30%	90%	85%	75%	30%	50%	80%	30%
3 Jan. 1987	pH	8.16	6.12	7.24	6.30	7.82	7.22	6.01	8.22
	ORP	-404	-335	-323	-267	-281	-342	-319	-285
	死亡率	5%	100%	75%	95%	5%	60%	100%	0%
8 Feb. 1987	pH	8.11	6.34	7.60	6.53	7.59	7.35	6.49	7.08
	ORP	-402	-34	-318	-321	-336	-434	-310	-165
	死亡率	35%	95%	45%	75%	25%	30%	90%	10%
23 Mar. 1987	pH	8.17	7.88	7.79	7.21	7.84	7.92	6.87	8.25
	ORP	-412	-331	-576	-724	-475	-657	-843	-295
	死亡率	25%	95%	15%	70%	30%	15%	95%	5%
28 Apr. 1987	pH	8.24	8.06	7.98	7.49	7.96	8.14	7.06	8.39
	ORP	-414	-325	-1033	-1297	-768	-1044	-1369	-395
	死亡率	15%	85%	10%	65%	25%	10%	80%	0%
24 May 1987	pH	7.97	6.79	7.67	7.41	7.50	7.72	6.93	8.07
	ORP	-442	-1050	-1028	-118	-397	-579	-934	-387
	死亡率	20%	100%	6%	72%	28%	12%	92%	14%

表 5 重量、長度成長率與各區間之氧化還原電位及 PH 值
 Table 5 The weight and length growth rate at each area of different pH and mV of ORP.

項目	編號	編號							
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
pH		7.97	6.79	7.67	7.41	7.50	7.72	6.93	8.07
ORP		-442	-1050	-1028	-118	-397	-579	-934	-387
Weight growth rate		35%	0%	37%	21%	38%	54%	1.5%	48%
length growth rate		9%	0%	11%	6%	9%	14%	0%	13%

謝 辭

本調查試驗承中心主任吳副研究員純衡先生之支持，總所養殖系主任徐博士崇仁先生之人力支援，調查試驗期間曾啓富、林必祐等同仁之鼎力協助，在此一併致謝意。

參考文獻

1. 日本水產資源保護協會編(1980). 新編水質污濁調查指針, 552頁, 恒星社厚生閣.
2. 三好 洋(1974). 土壤診斷法 245頁, 農山漁村文化協會.
3. 郭魁士(1974). 土壤學 801頁, 中國書局印行.
4. Lin, Y.S., Chen, S.L. and L.L. and Pang, Y.H., (1981) Studies on the relationship between mass mortality of hard clam (*Meretrix lusoria*) and dissolved sulfid. Report. Inst. Fish. Biol. Taipei, 3(4), 1-11.
5. Claude e. boyd, Professor (1979). Water quality in warmwater fish ponds. P.359 Department of fisheries and allied aquacultures.
6. T.M. Fenchel and R.J. Riedl (1970). The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layers of marine sand bottoms. Marine Biology, 7, 255-268.