

宜蘭蝦池之生態與池蝦生長之研究

Studies on aquatic environment and its shrimp growth in intensive grow-out pond of I-Lan area, northern Taiwan

陳弘成、辛阿燕、高事宜

Chen, Hon-Cheng · Hsin, A-Yen · Kao, Sue-I

台灣大學動物研究所與漁試所

Dept of Zoology & Institute of Fishery Biology,
National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Abstract

Ecological factors, mainly chemical and biological aspects of intensive shrimp grow-out ponds in I-Lan County were routinely surveyed and body weight of pond-reared grass shrimp *Penaeus monodon* and kuruma prawn *Penaeus japonicus* were also measured from 1989 to 1990. The purposes of this study are to understand their fluctuations, effects and suitability of pond environment for improving and managing aquacultural practice and to find out possible relationships between water quality and growth of pond shrimp for ruling out the reason of recently occurred mass mortality of cultured shrimp.

Environmental parameters, except total ammonia nitrogen, are found not greatly different from year to year, and their changing patterns are more or less similar. It is found that successful shrimp culture in 1990 is accompanied with heavy apply of formulated feed, all of these processes cause high concentrations of water chemical oxygen demand, total ammonia nitrogen and nitrite nitrogen, dark blue green replacing brownish green in water color, appearance of dominant species including blue-green algae, rotifer and polychaete, being an indicative of unfavorable pond conditions and having a deteriorated effect on shrimp. However, due to selective stocking with better quality postlarvae, shrimp culture has been carried out quite smoothly. It is believed that grass shrimp is a very hardy species, capable of tolerating high concentration of organic matter, ammonia and nitrite. Therefore recent shrimp kill may results mainly from stocking postlarvae of poor quality rather than from unfavorable condition. If shrimp grow-out ponds are provided with optimal environmental situation, in addition to stock stronger postlarvae, then there is no difficulty in growing shrimp successfully.

Ecological system of intensive shrimp pond, due to its delicate management, is particularly complex, rapid changing, and unbalanced conditions which will cause stress to shrimp. Therefore, to stabilize the pond conditions, to reduce the fluctuation of those parameters and to lower down the concentration of toxic substances would be the most important steps for taking into considerations and action. There are still many ways of improving and creating better pond environments such as changing pond water, reuse of treated outlet water and increasing the pond depth. However, quality of underground water is not always better than

that of shrimp pond, so use of underground water for pond water exchange must be very careful.

Due to the lower concentration of heavy metals in shrimp pond, its toxicity to pond shrimp is no longer a problem. The patterns of accumulating heavy metals into different tissues can tell the degree of shrimp health; the diseased shrimp usually have higher concentration of copper and zinc in gill than in other tissues. In conclusion, stocking pond culture. Optimal environments may also have the similar but much less influence.

一、前言

台灣養殖的蝦類具有多種，包括新近養殖的大正蝦與墨吉白蝦（陳，1991），然而在海蝦類，最主要的仍屬草蝦與斑節蝦。宜蘭地區因為冬天氣候較冷，頗適斑節蝦之生長，因此成為目前全省最大的斑節蝦養殖區；然而在夏天，因水溫較高，草蝦之成長快速，養殖期較短，收穫時全池大小捕撈，故仍為業者之最愛，也為夏季養蝦的主要種類。草蝦在東南亞一帶，由於養殖的利潤不錯，故各國政府相繼大量推廣與投入（Kungvankij, 1985；Rosenberry, 1990）。因此，與蝦類養殖有關的報告很多，成為許多研究領域的主題（Motoh, 1985, Kanazawa, 1985；Lightner, 1986；Rosenberry, 1990），而與蝦類成長最具關係的蝦池生態之研究也漸受重視。近年來，這方面之報告也已增加不少（Shigueno, 1985, Lee et al, 1985；Carpenter et al, 1986；Sanares et al, 1986；陳，1987；陳等 1989；郭與丁，1989）。同時對蝦池之生態亦開始有初步的瞭解。

在 1987 年的下半年起，台灣草蝦的養殖突遭巨變，養殖成效不佳，致產量急劇下降。其輕微者池蝦成長不佳，體形較小，且活力較差；而嚴重者則在放養數週內或二個月內死亡殆盡，此事經魚病防治專案小組（1988）會同各方研討後，認為草蝦之死亡應與非病原因素及病原因素有關，而草蝦賴以生存或成長的蝦池生態之老化亦被認為係主要的因素之一。有鑒於此，故於 1988 年由各單位組成研究群，開始在宜蘭進行蝦池的各種生態因子的調查研究，其初步報告已見於上次研討會（1989），並證實蝦池之環境確實不佳。本研究係繼續是項調查，並以蝦池的水質為主，浮游生物為次要項目的研究報告。採樣期間，幸運的巧逢 1989 年草蝦失敗與 1990 年草蝦養殖開始轉機的二個階段。因此比較這二年蝦池水質生態之變化差異，應有助於吾人探討養殖成效原因之參考。另外，黃（1979）曾調查過宜蘭蝦池的生態環境，那時池蝦並無大量死亡發生。陳等（1989）亦進行相同的研究。再加上本研究報告，若經綜合比較後，應能知曉環境因子變動之範圍，也可當做將來蝦池管理與改善之依據。

蝦類養殖的過程中，常抽用大量的地下水注入蝦池，由於地下水質的良否不一，因此在養殖場附近的地下水亦加以檢驗其水質，並與蝦池的排放水互相比較，以為換水時的參考。另外，宜蘭縣的工業較不發達，故重金屬污染水域之情形不多見；但有部份地區却受銅、鋅之輕微污染，因此水中之重金屬亦在檢驗之列，以維護蝦池之水質。

二、材料與方法

本研究於 1989 年開始定期每個月 1 次或每二個月 1 次前往宜蘭縣之壯圍、五結、礁溪等地區採取水樣。其地點經編號後為壯圍 1~3，五結 4~6，及礁溪 7，以做為定點觀測之蝦池，並配合業主之放養蝦苗與投餵飼料，從事池蝦活力之觀察與測量池蝦之生長。1989 年各池都曾放養草蝦過，但一般存活力都不高，故 1990 年壯圍 1~3 改養斑節蝦，而其他地區仍以夏天放養草蝦，冬天放養寸型以上之斑節蝦為主要經營方式。採樣時，一般都在中午至下午 3 點左右內完成。採樣之同時，並撈取數尾池蝦，進行體內各組織的重金屬累積量。茲將分析與測定之方法簡述如下：

1. 物理因子

- ①水溫：使用 0~50℃ 水銀溫度計於採樣現場測定之。
- ②鹽度：以鹽度屈折計 Salinometer S-28 在現場測定之。
- ③水色：由數人以目視觀測，並經同意而紀錄之。有時並參考色板而決定之。

2. 化學因子

- ①酸鹼度 (pH 值) 以 CORNING Type 106 之 pH meter 在現場測定之。
- ②氧化還原電位 (Redox potential)：以 pH meter 加裝白金電極而測定之。
- ③溶氧 (Dissolved Oxygen)：以 Delta Scientific Model 2110 Multirange 的 D.O. meter 經校正後於現場測定之。同時並測不同水深之溶氧與水車前後的溶氧，以資比較。
- ④硝酸鹽 (Nitrate)：在銅催化下，以 Hydrazine 還原後，再依亞硝酸鹽法定量之。(Bower & Thomas, 1980)
- ⑤亞硝酸鹽 (Nitrite)：係將試水與氨苯磺胺 (Sulphanilamide) 作用，以苯二胺 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine 還原在分光光度計波長 543nm 下定量之。(Strickland & Parsons, 1972)
- ⑥銨鹽 (Ammonium)：在鹼性溶液中與 ClO^- 共存下，銨與 phenol 形成 indophenol blue，以 Sodium nitroprusside 增加呈色效果，於波長 640nm 分光光度計下定量之 (Solorzano, 1969)
- ⑦磷酸鹽 (Phosphate)：係將試水在銅鹽及 Antimony potassium tartrate 及 Ascorbic acid 下變成錯化合物，再以 650nm 定量之。
- ⑧矽酸鹽 (Silicate)：係將試水與鉬酸作用，經草酸與硫酸鉀鉍酚 (4-(Methylamino)-phenol sulfate) 還原呈色後，在分光光度計波長 810nm 下定量。
- ⑨化學需氧量 (Chemical oxygen Demand, C.O.D.)：係以高錳酸鉀 (KMnO_4) 當氧化劑，用 0.01N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定測定之。(伊藤, 1972)
- ⑩生化需氧量 (Biochemical oxygen demand, B.O.D.)：係在恆溫 20℃ 下，稀釋試水在暗瓶中經 5 天後的溶氧量之差求得。(環保局, 1985)
- ⑪葉綠素 A (chlorophyll a)：係將定量試水以 Millipore filter 過濾，取濾膜置於 90% 丙酮液放置 24 小時後離心取上澄液在分光光度計以波長 665nm 及 750nm 下測定。並經公式計算而得 (Strickland & Parsons, 1972)
- ⑫重金屬 (Heavy Metals)：係將試水加酸防止金屬沈澱或附著，以 APDC 及 MIBK 濃縮，再以 Pye Unicam 900 之原子吸收光譜儀測定，並扣除鹽度所引起之干擾而得。
- ⑬蝦體重金屬：將各組織秤量後，於常溫在 H_2O_2 及 HNO_3 下分解，並配成稀硝酸溶液，如前法分析 (Chen, 1975)

3. 生物因子：

- ①動物性浮游生物 (Zooplankton)：以定量水量經浮游生物網 ($45 \times 60 \mu\text{m}$) 過濾採集後，用 5% 福馬林液 (Formalin solu.) 固定，於 Olympus 或 A.O. 顯微鏡下觀察，並記錄數量及種類，其學名依小久保 (1963)，內田 (1964, 1965) 而鑑定之。
- ②植物性浮游生物 (Phytoplankton)：取 1° 之水樣以 Luglo's solution 固定，携回實驗室後以 millip millipore paper 過濾，顯微鏡下觀察，並依山路 (1966, 1974) 之圖鑑記錄種類及數量。

③蝦體大小：將池蝦外表水分吸乾後，由電動天秤直接量取之。

三、結果

宜蘭地區目前都在清明節前後，俟氣候回升即開始放養草蝦；另有部分業者鑒於草蝦難養而改養斑節蝦，同時為了要斑節蝦提前於年底前價格較好時上市，因此有愈來愈早放養的趨勢。本蝦池研究即涵蓋草蝦與斑節蝦之蝦池，並從 4 月開始一直調查到 12 月。表 1~表 8 即為各蝦池在不同月份時的水質與部分生物的研究結果。茲簡述如下。

蝦池水溫除了 12 月的 17.2~17.8℃較低外，其餘月份即 4 月~11 月，都在 22.3℃以上，頗適合草蝦與斑節蝦之生長。而水溫的變化，從 4 月放養後，即逐漸增加，其中以 8 月份的 30.2℃為最高，9 月份後即開始下降。故有些業者在 9 月後即陸續收穫草蝦，並於蝦池整理後改養中小型斑節蝦。因此宜蘭蝦類的放養確已考慮到水溫的變化範圍與蝦價的高低，而做較佳的調適。

各蝦池的鹽度變化都不大，且比往年的變化範圍狹些。五結與礁溪的草蝦池鹽度都維持在 14~24‰的範圍且收穫前的二個月多在 17~20‰之間，讓草蝦得以快速成長。至於壯圍斑節蝦池的鹽度一般都較高些，為 20—32‰，亦適合斑節蝦的成長。至於九月份的鹽度在 16~18‰之間，可能與下雨有關。此種鹽度長期對斑節蝦應有生長抑制的作用，因此下大雨後，應即刻抽注海水以提高鹽度。

蝦池 pH 值為水質中相當重要的分子。在草蝦池變動範圍為 7.86~8.87；但一般都在 8.0~8.4 之間，頗為穩定。而斑節蝦池者，變化較大，為 7.67~8.97；這可能與斑節蝦放養之時間較長而有更新與老化之明顯變化有關。在這些 pH 值的變化中，一般言之，仍適合池蝦生長，尤以較穩定而變化不大的 8.0~8.4 之間，對草蝦而言更為合適。至於多次出現 pH 值少於 8 的斑節蝦池，雖然在短時間內不會造成池蝦之不適，但仍宜注意。而此與底質老化、化學需氧量較多（表 6）有關，因此應注意飼料的投放與石灰的少量施放。

溶氧為水生生態或蝦池中最重要環境因子，已無可置疑。因此一般的蝦池都裝有水車打水，而除非有特殊的情況發生，其含量應可維持水中生物之生存。宜蘭蝦池之溶氧，一般都在 8.0 ppm 以上，應無問題。但亦有低到 6.7（草蝦池）或 5.9（斑節蝦池）左右者，此時應注意晚上會有溶氧較低的情形發生。再者由於各池的環境及水色稍有不同，因此於草蝦與斑節蝦放養的初期，其水色較淺，葉綠素含量較少，故一般溶氧都較低。此後隨養殖天數的增加，飼料的大量投放及浮游藻類的大量繁生，致溶氧有逐漸增加之趨勢。另外，同一時間下若溶氧較高，則池水之 pH 值亦較高，故知浮游生物為影響溶氧與 pH 值的主要因素之一。

氧信還原電位（Eh）係表示環境中總體的氧化狀況，亦可做為微生物等活動之指標。溶氧充足且管理完善的養蝦池，其水中 Eh 至少應為 100 mv 以上；而表層底泥若能為正值則更佳，不然至少應在 -50 或 -100 mv 以上。宜蘭蝦池的 Eh 值與水中的溶氧變化較為接近，即從 4 月逐漸增加到 7 月的 72~142 mv 之間，然後由於溫度增加，微生物活性加大，故 Eh 開始下降至九月收成前的 23—60 mv。還好此時溶氧尚充足，並加強水車打水，因此仍可使池蝦成長。至於表層底泥一般都為負值且各池之間的差異很大，表示各池因管理投飼之關係導致各池環境因素的較大不同。此種現象對於性喜潛砂的斑節蝦較為不利。若蝦的活動力不佳，活動性較少時，常會導致污物或微生物的多量附著，宜加注意。

銨態氮為蝦池中的主要營養鹽之一，亦為構成浮游植物增殖的主要因素，但若濃度太高，可能多少會對池蝦有些影響。從表 1~表 8 及表 9 得知，銨態氮有隨養殖天數增加及水溫的上升而增加的趨勢，且此種現象極其明顯。尤其在五結與礁溪的草蝦池，於九月收成前曾達 2.4~5.15 ppm。而斑節蝦池在 8 月以後其銨態氮都在 1.2 ppm 以上，且有高達 6.79 ppm 者，此種高

濃度的銨態氮應對蝦類有某種程度的生長抑制及體色改變的作用。然而值得一提的，是 1990 年的宜蘭蝦並不因高濃度銨態氮的出現而導致不良效果，反而池蝦的存活、生長與產量均有令人滿意且有比往年為佳的結果。

一般蝦池之水質環境中，較重要且具代表性又為人所熟知的因子，應為水中溶氧、pH 值與銨態氮。1989 年宜蘭地區的草蝦養殖成效不佳，故將當年的蝦池水質化學因子列於表 10。由此表得知其 pH 值與溶氧的濃度和變化與 1990 年者幾無差異，倒是銨態氮則比 1990 年有明顯的降低，其最高值亦不過 2.2 ppm 而已，故知銨態氮對草蝦養殖成功與否的關鍵不大。此意謂蝦池的環境較差時，對養殖草蝦亦應無問題。

至於其他二種氮素營養鹽，即亞硝酸態氮與硝酸態氮的變化趨勢，亦與銨態氮者相似，具有隨著養殖日數的延續而增加的現象。硝酸態氮從養殖開始時的 10 ppb 增加到收穫前的 3557 ppb。幸好其對池蝦幾乎無毒害作用。而亞硝酸態氮雖較具毒性，但因在海水中且濃度最高亦只達 1.3 ppm 而已（表 5），因此在溶氧較充足的情況下，對池蝦之生長與存活的影響不大。由三種氮鹽在蝦池中的變化頗為一致而言，可知隨著養殖日數的增加，水中的總氮鹽亦增加。而氮鹽之主要來源應為飼料之投入與池蝦之排泄物，因此蝦池的生態並未平衡，而是永遠在變，即外界投入的因子大於蝦池的欲維持穩定生態的能力，此即為蝦池管理最困難的地方。

蝦池中的磷酸鹽的含量在 10~261 ppb 之間變動。由於其為各種浮游植物不可或缺的磷素來源，故其變化的趨勢較不規則；然而從養殖斑節蝦較長的壯圍蝦池可知其含量亦隨著養殖天數的延長而增加。矽酸鹽為矽藻的主要營養物之一，其他種藻類雖可吸收，但不若矽藻重要。其變化範圍為 0.06~4.42 ppm。若與水色相較，則發現深褐色、藍綠色與墨綠色之蝦池，其磷酸鹽的含量較高，此即其他種藻類較少吸收矽酸鹽之故。一般言之，磷酸鹽與矽酸鹽在蝦池中的含量已屬充足，故除特殊情形外，實不必刻意施肥。

化學需氧量與生化需氧量能表示水中有機物及還原性物質的含量，故由此可看出池水的肥沃度。蝦池剛放養後由於飼料較少投放，故化學需氧量在 3.0~4.2 ppm 之間，而產生一些綠色水系。此現象亦可在 10 月 12 日（表 6）草蝦收成改養斑節蝦的初期，其池水為綠色水而得明證。在養殖中期或末期，化學需氧量即大幅增加到 6—10 ppm 之間，也因此蝦池水色呈多樣化，且水色加深；在水車打氣時，泡沫增多且泡珠形大，久久不散。

蝦池水中的葉綠素的含量雖不能正確表示水中的藻類相，但多少能代表藻類總量的多少。在養草蝦初期，其含量較少，為 57—76 ppb，隨著養殖日數而增加，曾有高達 716 ppb 者，為正常海水的數百倍之多。一般言之，此種蝦池葉綠素的含量已超過優養化水域，池水已屬過肥，因此水色將較為深褐、深綠或墨綠色，對池蝦之生長較為不利。所以綠色的水系且葉綠素含量在 100—250 ppb 之間，應屬較佳的含量。

蝦池放養後一段時間，若水質不佳、水色太濃或水中有機物太多時，業者即開始定期或不定期地排換水。希望使水質變好以適合池蝦之生長。但台灣的河口域因一般污染都較為嚴重，引入蝦池常發生問題，致使業者只得抽用海邊砂層海水或地下水。表 11 為蝦池注入水與排水的水質比較。很明顯的，注入水的化學需氧量、氮鹽、磷酸鹽及葉綠素一般均較排放水為低，而矽酸鹽則較高。故排換水確實對蝦池水質有改善作用；勤加換水，仍為管理上的重要一環。

蝦池的水色與浮游生物，特別是浮游植物具有絕大的關連。宜蘭蝦池在 1990 年的水色甚多為墨綠色或淺墨綠色（表 1~表 8），這是因為有機物較多的原因。而在 1988 年時，則較多為綠色或深綠色；1989 年則慢慢發展為褐色與墨綠色。其實墨綠色池水應屬不良的水色，此種水色主要的浮游生物為藍綠藻的 *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Schroederia*, *Microcystis*, *Phormidium* 及少量的其他藻類如 *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Rhigosolenia*。至於綠色池水，則為較佳的水色，包括 *Chlorella*, *Carteria*, *Merismopedia*, *Chroococcus* 及 *Cyclotella*。而褐色池水則多為矽藻與綠藻的混合體，包括 *Chaetoceras*, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Streptothea*, *Gyrosigma* 及 *Trachelomonas*，依其主要種類的多寡而有明顯的良劣差異。至於

黃褐色或黃綠色水，則較少在宜蘭蝦池出現。

動物性浮游生物的種類與數量，一般都較少。在養殖初期，仍以 *Calanus*, *Balanus*, *Acartia* 及 *Tintinnopsis* 等為最主要，其中橈腳類可達每公升 100 隻左右，而 *Tintinnopsis* 亦曾達 750 隻。中期時則以 *Brachionus* 及早期浮游甲殼類為主，其中 *Brachionus* 曾達每公升 2280 隻，而 *Polychaeta* 亦已開始出現，但數量不多，約每公升 30 隻左右。晚期時，則以 *Polychaeta* 為主要的優勢種，其數目急增，曾達每公升 300—600 隻；而 *Brachionus* 次之，但數目亦不少；而在早期甲殼類雖亦出現，但數目少了許多。斑節蝦池由於養殖期間較長，故後期一直以 *Polychaeta* 為優勢種，其數目更高達每公升 1110~1440 隻。若依生物污染指標區分，可知蝦池的早期水質均佳，中期時水質尚可；而晚期或長期養殖後，水質已受有機物污染，故繁生多量的輪蟲及多毛類，因此也較易得病，故管理上宜加注意。

宜蘭地區因較不受工業污染之影響，故蝦池池水的重金屬均不高。表 12 為 1990 年各蝦池的銅、鋅濃度，故知局部地區或特殊時期雖受非常輕微的銅鋅污染，幸好此濃度不高，對蝦池之環境與池蝦均不構成危害作用。1989 年時，蝦池池水的重金屬，特別是銅與鋅，均比 1990 年為低，然草蝦養殖卻失敗。至於其他三種重金屬的含量均極低（表 13），鎘在偵測值之下，汞最高為 0.96 ppb，而鋁只達 1.5 ppb，因此謂重金屬並非影響養殖的成敗因素。

同一蝦池之草蝦，因所成長的環境相同，其體色應相似才對。然而卻發現有些具有天藍色蝦的存在。將其體內的重金屬加以分析，並與正常者比較，而列於表 14。由此表得知，不論蝦色為何，銅與鋅的累積仍以內臟為最多。鉛則主要累積於殼上。而鎘之累積量極少，只在內臟。天藍色蝦者，其累積的銅、鋅，在殼中多於鰓組織；而正常者，則剛好相反，且鰓比殼的含量高出甚多。此種情形是否具有生理機能的意義，仍有待繼續研究，因為在不同蝦池的天藍色蝦，其金屬累積較無規則可言。

不同的蝦類累積重金屬的情形亦可能不同，表 15 為斑節蝦體內不同器官的重金屬濃度。得知銅、鋅與鎘的累積濃度仍以內臟為最多，鋁則只累積在鰓及殼中，與草蝦相同。然而銅的累積量在肌肉為最少，但鋅的累積量則較不規則，有在鰓中為最低者，亦有在肌肉或殼最低者。倒是眼球萎縮或爛掉之斑節蝦，其累積重金屬的情形（表 16）與正常並不相同。其銅與鋅的累積以鰓為最高，內臟次之。故知病蝦之重金屬累積，由池水滲入鰓中；而正常者則由飼料中攝入，導致內臟含量較高，而鰓部極少。

草蝦養殖近年來極為不順，失敗者比比皆是；宜蘭地區雖較好些，但 1989 年的養殖成效仍不佳。圖 1 為 1989 年草蝦在壯圍地區的成長曲線。其經過 7 個月後才達 30 克，有些地方甚至只達 20 多克，其成長很明顯的慢了三個月以上，且草蝦大小參差不齊，存活率及產量都極低。致使隔年養殖草蝦的意願不濃而改養斑節蝦。五結地區的草蝦養殖亦有相同的情形發生。由圖 2 可知 1989 年草蝦之存活與成長雖比壯圍者佳，但養殖 4 個月後，草蝦體重只達 15 克左右，不得不棄養。若從 1989 年的各水質因子來看，其之變化範圍仍極適合草蝦之生長，應不致有生長緩慢的情形發生。1990 年姥姥與五結地區草蝦養殖的成效大大改觀。經 4 個月 20 天或五個月後，即可達 30 尾斤；此成績雖不若當年的成長速度，但比前年已改善許多，且產量亦不低；管理技術較佳者、每甲地均可收穫 10—12 噸之多。因此重拾信心。其實 1990 年蝦池的環境並不比 1989 年者為佳。

這幾年來亦發現在同一蝦池中的個體大小差異愈來愈大，這些草蝦在相同的蝦池環境中，有些能快速成長，有些則成長速度極差（圖 3），因此慎選蝦苗的品質愈形重要。有心人士亦可利用此特性，培育能快速成長的種蝦。

至於斑節蝦的生長情形，近年來都有不錯的成效。一般養殖 5~6 個月後，即可陸續將體重增至 15 公克以上，而捕獲出售。若欲外銷者，則俟成至 18~20 公克再行捕撈。

四、討論

蝦池生態環境之調查研究，即為探討環境因子的好壞，以做為池蝦生長之參考與將來管理改善之依據。宜蘭地區歷經 1988 與 1989 二年的養蝦失敗，而於 1990 年的成效卻大為改觀，成功率而提高至 7 成左右。有些地區如五結、姥姥等，其成功率更高達 9 成以上。因此這幾年來連續蝦池生態之調查，對於草蝦養殖成功的原因探討，應有其絕對且重要的參考價值。

本研究經與陳等（1989）之調查資料互相比較後，發現宜蘭草蝦池近年來的水溫、溶氧與 pH 值幾無多大的改變，且變動的趨勢相當一致。而與早期黃（1979）的調查結果，亦極為相似。1990 年養殖草蝦的鹽度為 14~24‰ 之間，確比往年提高了一些，但因草蝦為廣鹽性的蝦類（Motoh, 1985），能於 0.3‰~46‰ 之間生存（Chen, 1982），因此鹽度對草蝦養殖成功的影響並不大。何況有甚多的養殖池，其鹽度皆維持在 10~23‰ 之間（陳等，1989），但仍不能成功。另外，1990 年的部分蝦池之 pH 值與溶氧倒有稍低或不足的現象發生。由於溶氧為維持蝦池中草蝦的正常生理功能，其溶氧濃度應隨時維持在 3.7 ppm 以上（Chen, 1985）甚或 4.0 ppm（Liao & Mural, 1986），因此亦可窺見蝦池的管理並不完善。故控制飼料之投放、增加水車之打氣（Ver & Chiu, 1986），善加利用中央排水或抽排中央污泥及勤加換水（何，1984），應有改善蝦池環境的功效。

1990 年由於養蝦之成效不錯，故飼料大量投餵，導致了水中化學需氧量的提高、表層底泥的 Eh 值為負值，水中的三種氮素，隨養殖日數而明顯增加、水色由綠色轉變為墨綠色、浮游藻類以藍綠藻為主，葉綠素也比 1988 年增加許多。而最值得注意的，莫過於蝦池的銨態氮及亞硝酸態氮的大量增加，各高達 5.7 ppm 及 1.3 ppm。依據草蝦的水質基準（Chen, 1985）蝦池水色的需求（陳，1989）及其他的安全濃度範圍（Wickin, 1976；Chin & Chen, 1987；陳等，1989），得知前面所敘述的現象都對草蝦之存活與生長有不利的影響。但事實上草蝦的養殖卻頗為成功。而 1988 與 1989 年，上述各現象下的濃度都不高，水質都較佳，反而養蝦失敗。再者，養蝦失敗時，草蝦之生長延緩了三個月以上或更久；蝦體大小參差不齊，不耐藥物之使用，不耐氣候突變或池水突換。實際上若蝦苗較為優良，健康狀況良好時，這些影響即可克服並減輕。這也就是為何 1990 年宜蘭草蝦在水質狀況不佳，但因慎選蝦苗，而能養殖成功的主因（表十六）。這與陳等（1988）及陳等（1989）認為近年來養蝦失敗的主因為不良虛弱與早產的蝦苗有關之論點相吻合。慎選優良蝦苗，現已開始為業者所接受，如 1990 年姥姥地區之草蝦養殖成功即因從宜蘭的某些優良繁殖場中購買草蝦苗放養者。今年二月台灣南部的許多蝦苗繁殖場，已開始重視招牌與形象，力求生產優良的蝦苗。也因此紅筋苗的價格，因不同的招牌，而分成每尾 2 角、1.8 角、1.5 角、1.2 角、0.8 角、0.6 角與 0.55 角等多種。招牌與信用好者，訂單不絕。至於如何選擇蝦苗及生產優良蝦苗，陳（1991）之研究可供參考。

宜蘭蝦池的三種氮鹽隨養殖日數而大幅明顯的增加，且其值高達 5.7 ppm 之 NH_4^+-N 及 1.3 ppm 的 NO_2-N ，此種濃度遠高於南部的草蝦池（陳，1989；郭與丁，1989；黃等，1991）。若將此濃度依 pH 及溫度而轉換成非離子化的氨，則為 0.85 ppm 左右的 NH_3-N 。由於一般草蝦苗的水質基準，多以 0.1 ppm 為安全濃度（Wickin 1976；Chen 1985；Chin + Chen 1987），因此 5.7 ppm 之銨態氮應有輕微程度的影響。在此認為其只具輕微作用，係因此時草蝦已成大蝦，較具耐力，且成長亦佳。郭（1990）研究銨態氮對斑節蝦生長之影響時，發現 5 ppm 為斑節蝦幼蝦之最高容許濃度。因此當斑節蝦成長至中蝦時，此容許濃度應可再提高些。至於亞硝酸態氮對淡水生物雖較具毒性，但在海水中其毒性已大為減少，Wickin & Beard（1978）指出草蝦在 6-10 ppm 的 NO_2-N 中暴露 3 星期後仍無死亡。陳（1989）的研究中亦得知 5 ppm 之 NO_2-N 對草蝦並無生長上的不良抑制影響。因此可知若中蝦仍為優良且較為健康者，其對池中的銨態氮及亞硝酸態氮，仍具極強的耐力。再者，草蝦為廣鹽性、能耐低濃度溶氧且成長快

速的蝦類，故係極為易養之生物。因此即使環境差些，仍可成長。這也就是數年前在不甚瞭解蝦池生態時草蝦仍能大量生產的重要原因之一。

在一個穩定的蝦池生態中，其溶氧與 pH 值均維持恒定，且其週日變化並不大；三種氮鹽之含量應有某種固定的消長變化，碳、氮、磷與矽的比例應維持在一定的範圍；浮游生物的組成較複雜且結構的演替與承續亦有一定的趨勢；（佐野，1989），同時最主要的外力因素的干擾與投入愈少愈好。然而綜觀這些象徵著生態平衡的狀況，並不在宜蘭蝦池發生，在南部蝦池也少見（郭與丁，1989；黃等，1990），反而養蝦成果較差的 1988 與 1989 年，此種現象還或多或少能觀測得到。再者，在養蝦的過程中，包括整池、施肥、做水，投餌、打氣、換水、用藥等等的人為干擾因素，隨時不斷地加入，致使蝦池的環境變化極其快速，已然超過整體蝦池為維護生態趨於平衡的能力。因此蝦池生態除了在早期的一、二個星期較為穩定外，廣泛的說，其生態一直多變。這可能營養鹽的持續增加，浮游藻類在後期的增加及優勢化，污染種的浮游動物大量出現及最主要的飼料大量投放而得明證，因此蝦池的生態從無平衡。甚者，在蝦苗繁殖場中，以目前台灣業者的做法，也是一樣，根本就沒平衡過。因此蝦池生態的破壞被認為是導致養殖失敗的主因之一（魚病防治小組，1988），仍不十分正確。倒是藉由蝦池的調查研究，瞭解蝦池的變化情形與趨勢，應有助於發展一些致使蝦池生態變化較少管理方法，以利於池蝦的生長。

至於蝦池的管理不佳，導致有機物與氨的大量增加、底泥的老化、水色的過濃，有害細菌的繁殖與不良浮游生物的發生。為了減少這些有害作用的影響，因而有多種葯劑的施用，水車的開啟增加，或其他設施等等（何，1984；Resenberry, 1990）。而在這些管理方式中，業普遍喜好以換水的方式以求改善；外國亦開始使用此法（Primavera, 1991）。這當然是正確的做法，且其效果亦不錯，也不會產生許多對蝦池的後遺症。然而換水所使用的地下水除與地層下陷有關外，有時這些水質並不佳。最普通者，例如鹽度、銨態氮、鐵質與錳質等都太高。本研究亦發現有相同的現象，尤其注入水的銨態氮，有高於排放水者。因此換水的功效應大打折扣。其實，換水的最大功用有三種。其一為減少水中的有害物質與微生物；其二為提供較高的溶氧；其三為協助維持並穩定蝦池的生態環境。因此，如何換水，換水量多少、換水的頻率等，在目前狀況下，仍未完全瞭解，值得深入研究。其實若能配合政府之政策，將部分排放水加以過濾處理，然後再酌加新鮮的地下水，應對池蝦的養殖有所幫助；且也不會發生得病的池蝦，因愈換水而愈容易死亡的現象。

代田（1974）指出，可由水中的指標生物（indicator organisms）來研判水質受有機物污染的程度；而此法也廣為大家所接受，尤其是有機物污水豐富的地區更為明顯。1988 及 1989 年宜蘭養蝦池的浮游動物，在早期以甲殼類為主，後期則以輪蟲為主。而 1990 年，除了輪蟲外，更有多毛類在後期成為相當重要的主要種類，再加上蝦池甚多的藍綠藻為優勢種。吳與陸（1991）及張等（1991）在宜蘭蝦池的調查中，亦有相同的發現。因此，這種現象應與 1990 年蝦池有機物比往年增加，致繁生一些喜愛有機物的生物有關。有趣的是，多毛類不僅在水中為優勢種，在池底中亦有增加的情形（徐與盧，1991）。此種類對蝦池的有機物去除及在食物鏈中，到底扮演如何重要的角色，目前仍未知，應有研究與利用的價值。

宜蘭地區工業污染相當輕微，致一般水質的重金屬含量都甚低，甚至低於許多南部海水浴場的水中重金屬。因此重金屬的危害性不大，陳等（1989），亦有相同的論點。然而蝦池中常因水色太濃或池蝦患病時，有施用硫酸銅的現象，值得注意。另外從池水中鎘的濃度在偵測值之下，而內臟中卻有少許的鎘累積，故知飼料中可能有某種程度的鎘含量。因此飼料品質之管理仍應加強。

五、摘要

本研究係於宜蘭地區繼續調查蝦池之生態因子變化的範圍，並比較數年來蝦池中草蝦的成長與存活的情形，以做為蝦池生態與池蝦成長或養殖成功原因的探討依據，其所得的結果與建議並可做為今後蝦池養殖管理的參考，以期能促進此業之復甦與發展。

宜蘭地區蝦池近數年來的水質變化與其變動的範圍，除銨態氮外，其他都頗為相似，並無年度間明顯的差異現象。倒是去年（1990年）養殖成功的蝦池，由於池蝦生長的需要而投入大量人工飼料，導致水中化學需氧量的增多，銨態氮及亞硝酸態氮之濃度隨養殖日數而增高，水色由褐綠色轉成墨綠色，水中浮游生物以藍綠藻及輪蟲、多毛類為主，在在顯示出蝦池之不良環境，都已對池蝦之生長產生或多或少的抑制作用與影響。然而由於業者慎選當地較為優良的蝦苗，致使養殖成效普遍不錯。由此可以很明顯的看出草蝦本為極耐有機污染且容易養殖的種類。故歸結言之，慎選優良蝦苗為去年養殖轉機的主因。若能再配合給予優良的池蝦環境，草蝦養殖絕不是問題。

蝦池之生態體系，特別是台灣的集約式養殖法，極其多變且複雜；而投入其中的干擾變數，如換水、投飼與加葯等，更加速蝦池環境持續變化的快速性。是以蝦池之生態從無平衡過，這可從各環境因子隨養殖日數之增加而得知。因此如何管理蝦池，使其各因子之變化較為穩定，且使其變化都在池蝦容耐之範圍內，應為今後管理研究之重要課題。以目前宜蘭蝦池各生態因子之濃度及變化，其管理及利用蝦池的自淨能力仍不完善，應有多處可加以改進。再者，換水時，抽注之地下水水質，一般雖較蝦池為佳，但有些地區之地下水，其銨態氮之濃度仍偏高，甚至高於蝦池之排放水，故換水的方法與要領仍應加強。於換水時，若能加注部份處理過的排放水，應有助於維持蝦池較為穩定的環境，且於池蝦得病時較不易死亡。

宜蘭地區之蝦池受重金屬污染之程度極為輕微，絕不至於構成危害池蝦之生長與生存。倒是眼部癢爛的斑節蝦，其體內各組織累積重金屬之濃度與正常健康者並不相同；健康者內臟累積銅與鋅的濃度高於其他組織；而癢爛者，則以鰓部累積的濃度最高。斑節蝦在宜蘭地區之養殖尚屬成功，然其蝦池之管理與生態因子之控制，仍有待加強。

六、謝辭

本研究由農委會及漁業局補助之計劃「蝦類養殖池環境調查及改善」，其計劃之編號為 79 農建-3·1-漁-17(2)及 80 農建-3·1-漁-31(2)所資助而完成。研究期間得農委會漁業處、省漁業局，水試所台南分所與宜縣家畜防治所之熱心協助與關懷，而本實驗室之同仁張銘昆、許貴榮、譚貴堅與邱南誠諸位先生之幫助，台南分所丁雲源、郭世榮與漁業局張智銘等之居中籌劃，又養殖業者之配合才能完成，特此致謝。

七、參考文獻

1. 佐野和生，1989. 水產養殖と水，東京。254 頁。
2. 山路勇，1966. 日本海洋プランクト圖鑑・保育社。396 頁。
3. 山路勇，1974. 日本プランクト圖鑑・保育社。238 頁。
4. 小久保清治，1963. 浮游硅藻類。330 頁。
5. 內田亨，1964. 新日本動物圖鑑（上）・北隆館，日本東京。1~679
6. 內田亨，1965. 新日本動物圖鑑（下）・北隆館，日本東京。1~803
7. 代田昭彦，1974. 水產餌料生物學・恒星社，東京，514pp.
8. 伊藤鉀太郎，1972. 工場排水試驗方法・JISK 0102・日本規格協會，東京。
9. 何仲森，1987. 台灣的草蝦養殖・東冠水產開發有限公司。pp.287

10. 衛生署環保局，1985. 水質檢驗法。第一冊
11. 黃本，1979. 草蝦池之生態研究·中華文化學院海洋研究所碩士論文·41 頁
12. 陳弘成，1987. 蝦池的管理—水色與生產量的關係，養蝦總覽·P.117-123
13. 陳弘成，林明南，1987. 台灣重要養殖地區水質監視計畫·環保署·23P
14. 陳弘成等，1988. 台鹽發展水產養殖事業可行性之研究·台鹽 77 研究發展 7713T·
15. 陳弘成、張銘昆、邱南威、徐嘉瑩，1989. 宜蘭蝦池生態環境之研究·在農委會「養殖環境及魚類異味改善」論文集。277-298 頁
16. 陳弘成，1991. 墨氏白蝦的養殖。豐年 41,5:52-55
17. 陳弘成，1991a. 優良草蝦養殖之技術研究（印刷中）
18. 郭世榮·丁雲源，1989. 台灣西南部草蝦、鰻魚和魚鴨養殖池水質之研究·在農委會「養殖環境及魚類異味改善」論文集。113-141 頁
19. 黃登福、陳美媛、吉田多摩夫、鄭森雄，1991. 草蝦養殖環境之調查及分析（本刊物）
20. 吳俊宗、陸彥妙，199. 台灣北部和西南部蝦池藻類和水環境品質關係（本刊物）
21. 張文炳、吳鳳麗、吳金祥、雷淇祥，1991. 台灣養蝦池浮游動物相之研究（本刊物）
22. 徐崇仁、盧民益，1991. 蝦池底棲生物之研究（本刊物）
23. 郭曜任，1990. 氨對斑節蝦成長之影響與其血淋巴之蓄積研究·海大碩士論文。98 頁
24. 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。
25. Bower, C.B., and H.H. Thomas. 1980. A simplified hydrazine reduction method for determining high concentration of nitrate in recirculated sea water. *Aquaculture*. 21:281-288.
26. Caspenter, K.E., A.W. Fast, V.L. Corre, J.W. Woessner and R.L. Janeo. 1986. The effect of water depth and circulation on the water quality and population of *Penaeus monodon* in earthen ponds. p.21-24.
27. Chen, H.C. 1975. Some effects of heavy metals on *Palaemon elggans*. Ph.D Thesis. Liverpool University. 163pp.
28. Chen, H.C. 1982. Feasibility study of prawn farming in Mukah, Sarawak, Malaysia. Taiwan Fisheries Consul. Inc.,53pp.
29. Chen, H.C. 1985. Water quality criteria for farming the grass shrimp *Penaeus monodon*, p.165. In Y. Taki, J.H. Primavera and J.A. Llobrera (eds.) Proceedings of the first international conference on the culture of penaeid prawns/shrimps. Aquaculture Department Southeast Asian Fisheries Development Centre. Iloilo, Philippines.
30. Chin, T.S. and J.C. Chen. 1987. Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 66:247-253.
31. Kanazawa, A.:1985. Nutrition of penaeid prawns and shrimps. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines.
32. Kung'uakij, p.1985. Overview of penaeid shrimp culture in Asia. pp.11-22. In Y. Taki, J.H. Primavera, and J.A. Llobrera (eds.). Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Aquaculture Department Southeast Asian Fisheries Development Centre. Iloilo, Philippines.
33. Lee, C.S., Sweeney and B. Richards. 1985. The effects of stocking densities on growth and survival of *Penaeus vannamei* in cow manure-enriched ponds. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines.
34. Lightner, D.V. 1985. A review of the diseases of cultured shrimps and prawns with emphasis

- asis on recent discoveries and development. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines.
35. Liao, I.C. and T. Mural. 1986. Effects of dissolved oxygen, temperature and salinity on the oxygen consumption of the grass shrimp, *Penaeus monodon*, pp.641-646. In J.L. Maclean, L.B. Daton and L.V. Hosillos (eds.). The First Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
 36. Motoh, H. 1985. Biology and ecology *Penaeus monodon*. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines. pp.27-36.
 37. Primavera, J.H. 1991. Intensive prawn farming in the Philippines. *Ambio* 20, 1:28-33.
 38. Rosennberry, B. 1990. World shrimp farming. New York. 29p.
 39. Sanares, R.C., S.A. Katase, A.W. Fast and K.E. Carpenter. 1986. Water quality dynamics in brackish water shrimps ponds with artificial aeration and circulation. pp.83-86. In the First Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
 40. Shigueno, K. 1985. Intensive culture and feed development in *Penaeus japonicus*. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines.
 41. Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14(5):700-801.
 42. Strickland, J.D. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bulletin. 167, 310pp.
 43. Ver. L.M. B., and Y.N. Chiu. 1986. The effects of paddlewheel aerators on ammonia and carbon dioxide removal in intensive pond culture. p.97-100. In J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.). The First Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
 44. Wickins, J.F. 1976. The tolerance of warm-water prawn to recirculation water. *Aquaculture*, 9(1):19-37.
 45. Wickins, J.F., and T.W. Beard. 1978. Prawn culture research. MAFF. Lab. Leaf., no.42, pp.13-14.

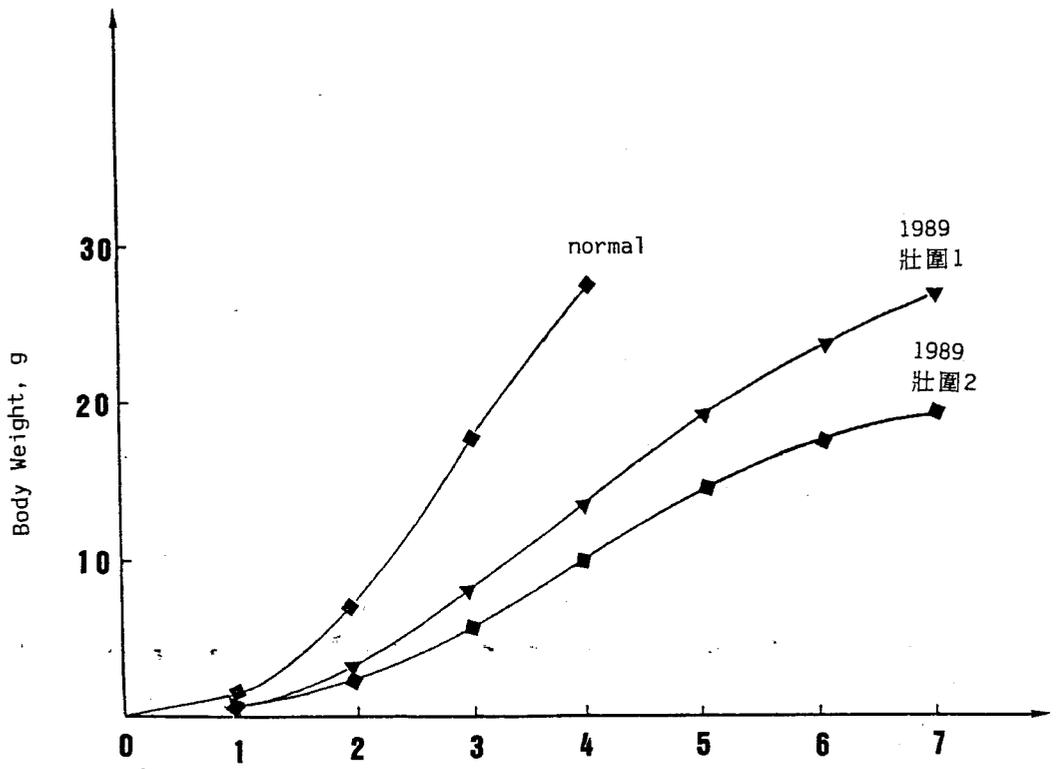


Fig.1 Growth of grass shrimp *Penaeus monodon* at I Lan County in 1989

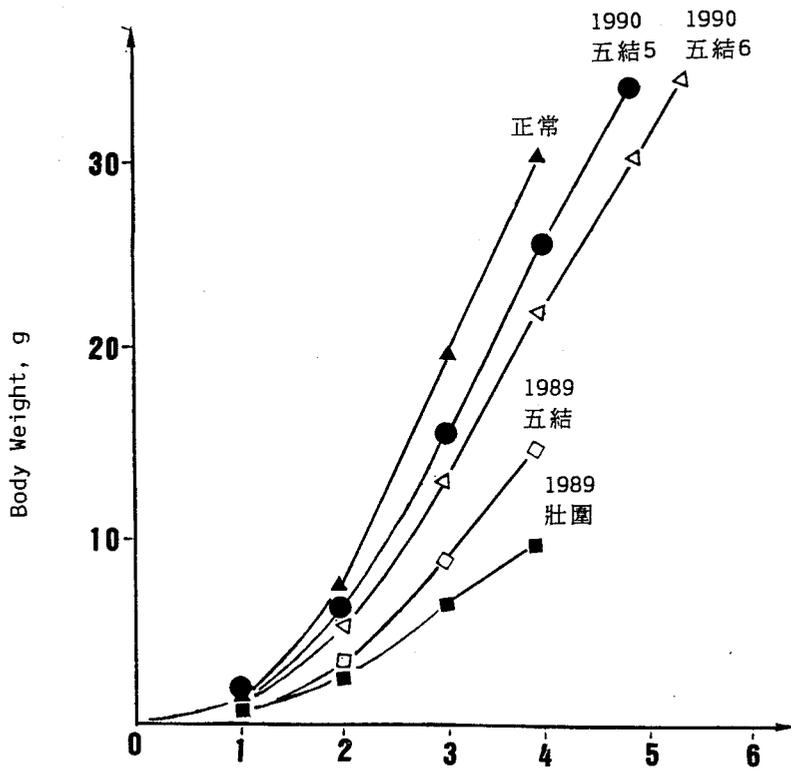


Fig.2 Growth of grass shrimp *Penaeus Monodon* at I Lan County in 1990

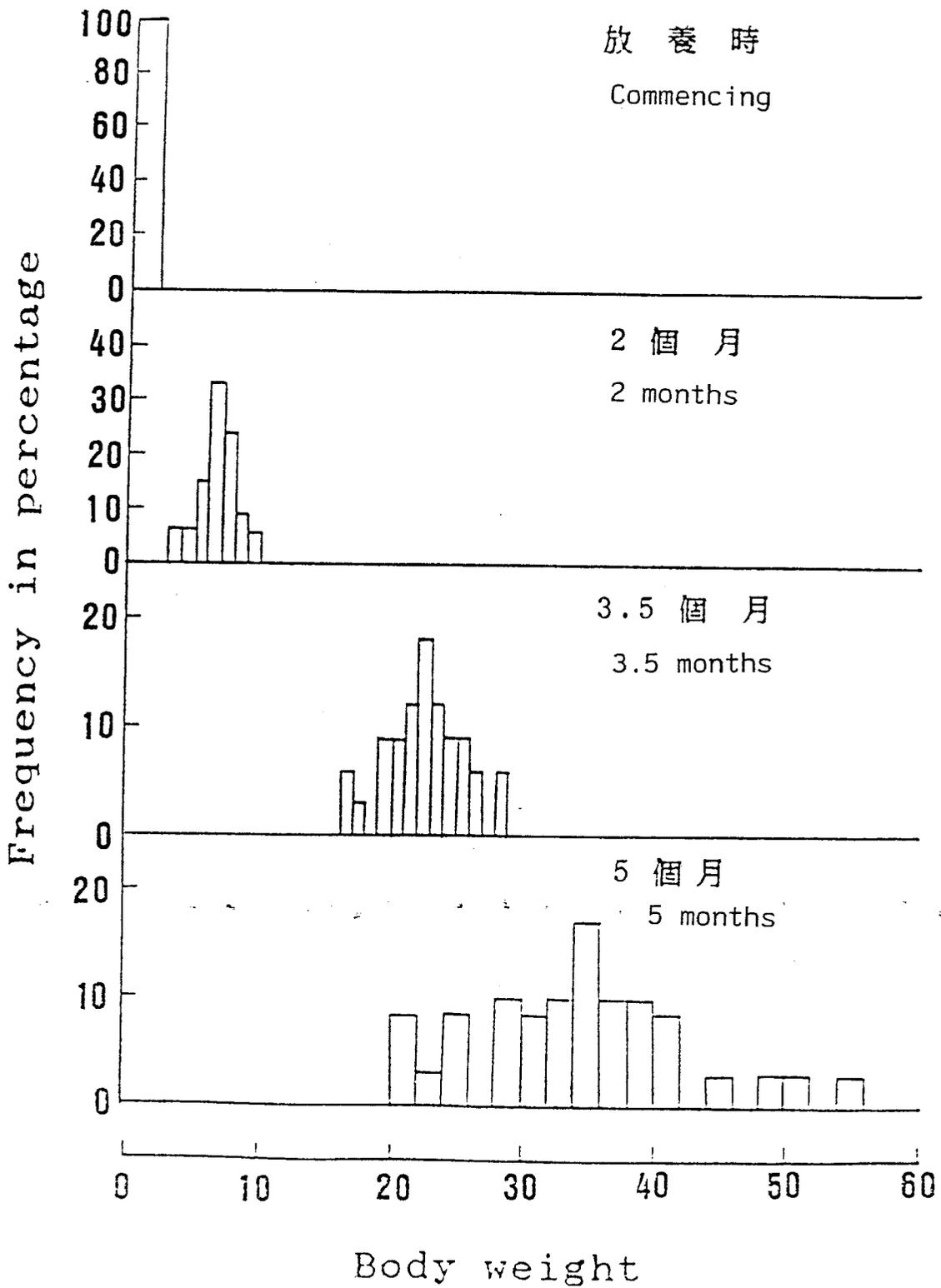


Fig.3 Frequency distribution of body weight in cultured *Penaeus monodon* at different periods of time.

表一、1990年4月11日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mV) 上 下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水 色
壯園 1	24.3	32	8.32	8.9	100 -86	970	63	147	13	0.90	4.2	243	土 綠
壯園 2	24.6	28	8.57	9.2	93 -133	320	225	321	92	0.95	3.8	628	深 綠
五結 5	24.2	25	8.37	8.1	80 -90	320	10	10	80	0.30	3.0	76	綠
五結 6	24.1	24	8.45	7.3	61 -212	470	10	10	93	0.28	3.4	57	淺 綠

表二、1990年6月8日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mV) 上 下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水 色
壯園 2	27.9	23	8.65	7.5	91 -163	54	101	5	70	0.06	10.4	167	淺 褐
壯園 3	27.3	26	8.35	8.9	36 -131	165	175	53	85	0.32	6.6	207	淺 褐
五結 5	27.9	14	7.95	6.7	40 -20	1126	266	104	237	1.65	7.2	45	墨 綠
五結 6	27.5	15	8.75	9.4	89 -139	121	93	8	140	4.42	9.0	716	深 褐

表三、1990年7月11日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mV) 上 下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水 色
壯園 1	29.9	20	8.36	10.7	72 48	459	55	14	10	1.22	8.2	136	淺墨綠
壯園 2	28.3	20	8.44	12.7	94 -77	255	82	21	21	5.80	8.7	174	藍 綠
壯園 3	28.7	19	8.08	9.4	75 -210	242	165	43	44	0.57	8.4	252	綠
五結 5	28.2	17	8.21	9.0	119 -41	124	774	197	18	0.42	8.2	267	褐
五結 6	28.2	20	8.21	9.5	142 -158	424	301	86	111	0.12	8.8	267	褐 綠
礁溪 7	28.0	20	7.86	7.9	126 94	330	433	107	23	1.84	10.1	176	淺墨綠

表四、1990年8月2日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mV) 上下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	PO4-P (ppb)	SiO2-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水色
壯圍 1	30.2	23	7.95	9.6	34 -47	2435	511	171	27	1.18	8.7	197	墨綠
壯圍 2	29.9	23	7.89	9.2	68 -69	1212	138	46	33	0.63	8.7	173	墨綠
壯圍 3	30.0	26	8.03	10.4	45 -167	4495	294	104	35	0.18	9.2	287	墨綠
五結 5	29.0	20	8.03	8.7	42 -27	4790	1880	858	40	1.97	8.8	307	墨綠
五結 6	29.4	17	8.00	8.9	24 -17	2227	1745	715	14	0.33	8.7	214	淡墨綠
礁溪 7	29.1	18	8.09	9.9	46 13	2323	1007	350	24	0.57	9.1	199	墨綠

表五、1990年9月5日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mV) 上下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	PO4-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水色
壯圍 1	27.6	16	8.55	10.6	43 0	4550	1427	600	76	0.56	7.9	107	深綠
壯圍 2	27.7	17	8.62	8.2	-55 -54	5290	1192	545	218	0.28	8.2	116	綠
壯圍 3	27.6	18	8.97	10.7	23 -395	5410	381	95	43	0.34	7.9	297	墨綠
五結 5	27.5	20	8.87	8.2	33 -	2250	3557	1226	53	0.91	8.0	433	深綠
五結 6	27.5	18	8.33	8.0	33 50	2850	2088	1392	66	0.38	7.9	131	綠
礁溪 7	27.5	18	8.23	8.0	60 -81	5150	1160	520	15	0.30	7.6	95	墨綠

表六、1990年10月12日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mv)	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	PO4-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水色
壯圍 1	23.2	25	7.67	6.0	67	5620	1160	545	238	0.42	7.0	290	墨綠
壯圍 2	23.2	21	7.82	6.2	71	2340	1230	743	211	0.55	7.4	380	墨綠
壯圍 3	23.3	29	8.07	7.8	50	4900	180	103	83	0.50	6.6	411	深綠
壯圍 7	24.0	33	8.63	8.2	90	1400	430	239	10	0.70	6.9	138	綠
五結 5	23.0	27	8.05	5.9	94	980	1610	938	103	0.78	7.0	90	綠
五結 6	23.2	28	8.49	6.9	84	110	10	404	59	1.43	6.6	114	綠
五結 6'	23.1	27	8.24	6.2	73	1220	830	10	105	0.12	6.8	134	綠

表七、1990年11月14日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mv)	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水色
壯圍 1	22.5	27	7.99	8.8	77	3120	1416	328	261	0.25	6.7	291	深綠
壯圍 2	22.3	24	8.15	9.7	69	2710	1451	377	243	0.53	6.7	561	深綠
壯圍 3	22.5	28	8.04	8.7	45	6790	175	62	223	0.32	6.6	230	深綠
壯圍 7	22.7	34	8.18	8.2	101	2960	1261	237	95	0.12	6.2	259	墨綠
五結 5	22.4	31	8.07	8.4	4	1910	1585	403	201	0.18	6.2	180	綠
五結 6	22.8	30	8.42	9.8	6	300	42	23	25	0.11	6.3	259	褐綠
五結 6'	22.5	27	8.40	10.1	1	1270	1052	283	91	0.15	6.1	266	綠

表八、1990年12月19日宜蘭各蝦池的水質

站名	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	Eh (mv) 上 下	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	SiO3-Si (ppm)	BOD (ppm)	Chl.a (ug/l)	水色
壯圍 1	17.6	28	8.32	8.8	76 -104	1732	213	<25	609	0.30	8.5	343	深綠
壯圍 2	17.2	26	8.35	9.5	115 67	2029	5480	859	228	0.80	8.2	202	淺墨綠
壯圍 3	17.3	28	8.15	8.8	19 -268	4971	168	224	169	0.10	8.4	242	墨綠
五結 5	17.8	33	8.06	8.3	55 -	2130	5450	860	401	n.d.	6.7	157	黃綠
五結 6	17.8	34	8.76	8.6	46 -	61	<100	<25	333	0.10	5.1	10	褐
礁溪 7	17.5	34	8.03	7.2	104 75	3501	3150	334	242	n.d.	6.9	57	墨綠

表九、1990年宜蘭各蝦池水中的總氮 T.NH3-N (ppb) 含量

站名	4月11日	6月8日	7月11日	8月2日	9月5日	10月12日	11月14日	12月19日
壯圍 1	970	-	459	2435	4550	5620	3120	1732
壯圍 2	302	53	255	1212	5290	2340	2710	2029
壯圍 3	-	164	242	4495	5410	4900	6790	4970
五結 5	320	112	124	4790	2250	-	-	-
五結 6	470	120	424	2227	2850	-	-	-
礁溪 7	-	-	330	2323	5150	-	-	-

表十、1989年宜蘭蝦池水質之銨態氮，溶氧及pH之含量

蝦池	日期						
	25/5	22/6	27/7	22/8	27/9	3/11	7/12
T.NH4-N(ppb): 壯園 1	394	480	922	40	126	2166	2040
壯園 2	516	125	1684	396	133	75	2228
五結 3	673	1091	778	23	-	-	-
五結 4	632	1362	667	17	-	-	-
五結 5	226	311	939	32	-	-	-
D.O.(ppm): 壯園 1	7.2	8.2	6.6	7.1	8.3	8.1	8.6
壯園 2	7.4	8.0	6.6	7.9	8.3	8.9	9.5
五結 3	7.4	6.9	7.5	7.9	-	-	-
五結 4	6.9	8.1	6.6	7.3	-	-	-
五結 5	7.3	8.5	8.0	6.0	-	-	-
pH: 壯園 1	8.56	8.51	7.77	8.24	8.13	8.23	8.16
壯園 2	8.70	8.43	7.92	8.23	8.10	8.11	8.09
五結 3	8.46	7.76	8.50	8.41	-	-	-
五結 4	8.45	7.74	8.33	8.48	-	-	-
五結 5	9.08	8.30	8.27	7.92	-	-	-

表十一、宜蘭蝦池注入之地下水與排放水之水質

地點	Temp. (°C)	Sal. (%)	pH	D.O. (ppm)	NH4-N (ppb)	NO3-N (ppb)	NO2-N (ppb)	P04-P (ppb)	Si03-Si (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Chl.a (ug/l)
礁溪2 養殖場排放水	34.0	12	8.47	6.9	21	1102	629	246	0.22	-	4.64	64.3
地下水	32.0	32	8.06	-	2	25	7	189	5.45	-	0.64	2.0
壯園3 養殖場排放水	18.3	30	8.43	10.3	1499	302	612	89	0.33	-	1.18	147.6
養殖池進水	21.6	35	7.83	6.5	35	178	63	44	2.44	-	0.64	4.8
礁溪 養殖場排放水	18.7	30	8.01	8.5	575	8470	789	243	0.42	12.0	-	280.3
養殖場地下水	19.6	24	7.68	8.4	100	897	830	25	6.90	6.2	-	56.2
壯園 養殖場排放水	18.1	30	8.10	9.3	242	465	86	411	0.25	8.1	-	266.5
養殖場地下水	24.3	13	6.80	1.5	919	62	25	222	8.20	1.7	-	n.d.
五結 養殖場排放水	18.3	22	7.83	6.8	1305	10425	1657	208	0.80	8.8	-	202.3
養殖場地下水	22.1	25	7.39	3.6	601	182	25	266	5.90	1.7	-	n.d.
壯園 養殖場排放水	31.5	25	9.19	13.8	39	8	4	40	0.22	9.0	-	956.0
養殖場地下水	26.6	24	7.83	1.6	144	15	10	12	8.50	1.1	-	n.d.

表十二、1990年宜蘭各蝦池重金屬銅及鋅之含量

站名	Cu (ppb)					Zn (ppb)				
	4月11日	6月8日	7月11日	8月2日	9月5日	4月11日	6月8日	7月11日	8月2日	9月5日
壯園 1	7.0	n.d.	13.3	5.40	0.97	26.8	28.2	n.d.	61.94	37.09
壯園 2	-	16.5	11.3	3.57	1.06	28.2	23.7	4.8	6.40	23.94
壯園 3	4.6	11.3	8.8	n.d.	1.21	-	n.d.	13.1	67.78	47.32
五結 5	4.2	18.4	11.3	n.d.	n.d.	22.6	n.d.	4.0	n.d.	n.d.
五結 6	5.8	14.7	9.4	0.51	0.78	23.7	26.8	n.d.	n.d.	18.09
礁溪 7	-	n.d.	8.8	n.d.	1.15	-	n.d.	n.d.	n.d.	18.09

表十三、1990年宜蘭蝦池的池水中鎘、鉛與汞之含量

Date	Heavy metal (ppb)		
	Cd	Hg	Pb
April, 11	n.d.	n.d.	n.d.
June, 8	n.d.	n.d. - 0.10	n.d. - 1.50
July, 11	n.d.	n.d. - 0.18	n.d. - 0.83
August, 2	n.d.	n.d. - 0.78	n.d.
September, 5	n.d.	n.d.	n.d.
October, 12	n.d.	n.d. - 0.31	n.d.
November, 14	n.d.	n.d.	n.d.
December, 19	n.d.	n.d. - 0.16	n.d.

表十四、五結草蝦體內各重金屬含量

Size	Tissue & organ	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppb)	Remark
Body weight (g): 39	Shell	35.04	38.39	11.44	n.d.	n.d.	
Body length (cm): 17.0	Viscera	104.56	49.99	n.d.	n.d.	n.d.	Blue shrimp
	Muscle	12.07	23.37	n.d.	n.d.	n.d.	
	Gill	26.93	15.46	n.d.	n.d.	n.d.	
Body weight (g): 47	Shell	43.86	24.43	9.56	n.d.	n.d.	
Body length (cm): 18.2	Viscera	98.70	88.03	n.d.	2.48	n.d.	Blue shrimp
	Muscle	11.81	22.74	n.d.	n.d.	n.d.	
	Gill	36.82	25.99	n.d.	n.d.	n.d.	
Body weight (g): 39	Shell	21.11	6.02	11.11	n.d.	n.d.	
Body length (cm): 17.2	Viscera	116.13	45.98	n.d.	n.d.	n.d.	Normal color
	Muscle	12.61	21.72	n.d.	n.d.	n.d.	
	Gill	53.58	33.51	n.d.	n.d.	n.d.	
Body weight (g): 39	Shell	29.60	17.98	9.40	n.d.	n.d.	
Body length (cm): 17.1	Viscera	96.92	46.81	n.d.	n.d.	n.d.	Normal color
	Muscle	14.63	22.18	n.d.	n.d.	n.d.	
	Gill	59.47	28.04	n.d.	n.d.	n.d.	

表十五、宜蘭斑節蝦體內之重金屬含量

Size	Tissue & organ	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Cd(ppm)	Hg(ppb)
Body weight (g): 15.0	Shell	11.20	11.20	30.85	n.d.	11.2
Body length (cm): 12.8	Viscera	28.90	40.34	14.42	2.52	23.7
	Muscle	7.09	15.32	6.04	n.d.	13.1
	Gill	27.04	11.49	28.68	n.d.	29.8
Body weight (g): 16.5	Shell	19.81	11.95	33.47	n.d.	35.9
Body length (cm): 13.6	Viscera	34.27	23.14	12.66	5.12	22.9
	Muscle	6.45	13.36	6.49	n.d.	15.2
	Gill	25.78	9.76	33.46	n.d.	24.6
Body weight (g): 10.0	Shell	39.32	11.66	7.25	n.d.	35.4
Body length (cm): 11.6	Viscera	53.60	35.15	n.d.	4.20	33.0
	Muscle	5.82	13.96	n.d.	n.d.	6.9
	Gill	47.54	0.27	n.d.	n.d.	n.d.
Body weight (g): 15.0	Shell	30.97	7.14	9.26	n.d.	21.7
Body length (cm): 12.8	Viscera	42.20	40.32	n.d.	9.48	35.7
	Muscle	8.43	16.54	n.d.	n.d.	14.5
	Gill	27.10	7.07	n.d.	n.d.	58.1
Body weight (g): 11.0	Shell	21.06	6.96	3.16	n.d.	24.2
Body length (cm): 11.7	Viscera	32.05	26.60	n.d.	3.67	14.5
	Muscle	4.85	13.55	n.d.	n.d.	24.6
	Gill	28.25	0.28	n.d.	n.d.	21.4
Body weight (g): 15.0	Shell	22.54	14.11	23.97	n.d.	78.3
Body length (cm): 13.4	Viscera	69.77	66.24	20.38	10.11	223.4
	Muscle	7.32	17.43	2.02	n.d.	7.7
	Gill	63.02	18.38	26.06	n.d.	117.8
Body weight (g): 16.0	Shell	33.32	28.11	22.56	n.d.	90.8
Body length (cm): 13.5	Viscera	83.33	40.75	13.79	9.21	109.4
	Muscle	11.90	17.47	1.97	n.d.	8.2
	Gill	81.10	21.25	36.14	n.d.	222.2

表十六 蝦類養殖成敗之因素比較分析

項 目	1989	1990
放養密度	30 - 40 萬尾/甲	30 - 40 萬尾/甲
存活天數	1,2 星期 - 4 個月	4 - 5 個月
投餌量	少, 常常頓料, 退料	多, 後期尤多
水 質	好, T.NH ₄ 在 1.6 ppm 以下	尚可, T.NH ₄ 在 4.8 - 6.7 ppm 以下
水 色	深 綠	墨 綠
生 物	橈腳類為主, 輪蟲次之	輪蟲及多毛類為主, 橈腳類次之
疾 病	易生疾病	少疾病, 養殖順利
對藥物之 耐力	不良	尚 可
對新水之 敏感度	不能常換水	可多次大量換水
存 活 率	30 %	80 %
收成大小	26 - 40 尾/斤	18 - 25 尾/斤
蝦 苗	隨意購買	特別選擇
成 敗	失敗	成功