

宜蘭蝦池生態環境之研究

Studies on the ecological aspects of shrimp grow-out ponds in I-Lan, Taiwan

陳弘成·張銘昆·邱南威·徐嘉瑩

Hon-Cheng Chen Ming-Kuen Jang Nam-Wai Yau Jia-Yean Shyu

摘 要

Ecological aspects including physical, chemical and biological parameters of shrimp grow-out ponds in I-Lan area were surveyed monthly in order to understand their fluctuations, effects and suitability for improving pond management practice and to compare the possible environmental changes with previous results for studying the cause of mass mortality. Intensive grow-out pond of shrimp, mainly *Penaeus monodon*, is of rapidly changing and unstable environment due to the continuous managements, such as frequent feeding, paddle-wheel aerating changing pond water or even application of chemicals.

Water temperatures of pond during warmer season are ideal for growing penaeid shrimps. Most of pH values, although fluctuated, still fall in the range of optimum. In few occasions; pH value of less than 8 in the afternoon are observed and caused by abundance of zooplankton, this could lead to the growth retardation of shrimp. Salinities range from 26 to 5‰, being diluent in the late rearing period. It is clear that more abundant phytoplankton can bring about high concentration of dissolved oxygen as well as higher pH value. Contents of dissolved oxygen decreased with the increase of water depth, and show a dramatic reduction at the top layer of bottom soil. Depletion of dissolved oxygen is hardly found in the daytime but possibly occurs in the night, hence, exchange of pond water and aeration are the two ways of improving pond condition. Concentrations of ammonia, nitrite and nitrate of pond water increase, following the process of pond culture, and as high as 0.19 ppm, 1 ppm and 1.9 ppm respectively are once detected. However, all of them make no acute toxicity effects on shrimp. There is no positive or negative relationship between any two parameters of three-formed nitrogen, which is indicative of the frequent application of feeds and changing environments. Pond water with high concentration of chemical oxygen demand is always accompanied by the predominance of *Carteria*, rotifers and blue-green algae.

There is evident that copepods such as *Eurytemora* and *Acartia* show dominant at the beginning of culture period with low chemical oxygen demand. On the contrary, rotifer replacing copepod becomes more important zooplankton when high C.O.D. presences in the late period. Concentrations of chlorophyll a have a very good relationship with algal population, both show gradual increase with an increase in the rearing period. Due to over eutrophication of shrimp pond, there is no need to apply fertilizer, this is especially true for the later period. the dominant algal species include *Schizochlamys*, *Westella*, *Euglena*, *Cryptomonas*, *Carteria*, *Chlorella*, *Merismobedia*, *Chroococcus*, *Cyclotella*, *Chaetoceros* and *Nitzschia*. It is suggested to have green algae and diatoms as major species and to keep water color as green or pink brown for better shrimp growth.

Parts of shrimp ponds were slightly polluted with copper and zinc, which luckily do not make any harmful effect on shrimp. Tissue contents of heavy metals accumulate more in gill-diseased than in healthy shrimp. In conclusion, mass mortality of culture shrimp is mainly attributed to pre-mature and unhealthy fry, rather than unfavorable pond environments. However, better ecological parameters can definitely increase the survival of pond shrimp.

前 言

台灣的海水蝦類之養殖，包括草蝦、斑節蝦與紅尾蝦等，非常發達是大家所共知的。民國76年時全省的養殖面積已達15,700公頃，其中又以草蝦養殖為主，約佔蝦類養殖面積之93%。國外地區尤其東南亞一帶，也因養蝦利潤不錯，而大力推廣與投資（Kungvankij, 1985）。到目前為止與蝦類養殖有關之研究報告很多，其中包括蝦類生理、生態、繁殖、成熟、脫殼、成長、疾病與營養等（Motoh, 1985；Kanazawa, 1985；Lightner, 1986），然而對於蝦類得以成長的蝦池環境之研究卻相對的非常之少，僅有數篇而已（Shigueno, 1975 & 1985；黃，1979；Lee et al, 1985；Carpenter et al, 1986；Sanares et al, 1986；陳，1987）。其實蝦池的生態環境之變化相當複雜，甚受許多環境因素所左右，故形成一個較不穩定的生態體系，以現階段吾人之知識言之，對其之瞭解可說仍屬有限。

台灣草蝦之養殖大部份以集約式的養殖法管理之，包括整池、施肥、做水、放養、投餌、換水與用藥等等，極其精細與繁雜，致蝦池之環境變化極其快速。再加上每個地方，每個業者的管理方式之不同，愈增加蝦池生態環境的差異性。其最終結果將導致池蝦的存活率、生長速度與收穫量之不同，影響之大不可謂不深。這也就是何以有人經營養蝦成功，但也有人經營失敗，蓋因對蝦池之環境無所知且亦不知如何控制與維持之故。本研究有鑑於此，乃著手探討蝦池的生態環境，研究各環境因子之特性並瞭解其影響的範圍，希望能由此提供一些結果，以供往後養蝦管理時的參考與改進之用。

宜蘭地區冬天甚冷，不適草蝦或紅尾蝦之生存與成長，故一般業者都在清明過後或氣溫回升時才開始養殖草蝦，本研究即配合其作業而定期前往調查。同時考慮宜蘭亦有局部的工廠廢水之污染，故水中與蝦體的重金屬亦為採樣的項目之一，以瞭解其污染的影響。黃（1979）曾調查宜蘭蝦池的生態環境，那時並無池蝦大量死亡之現象，本研究因此可與其結果互相比較，以做為去年養蝦失敗追蹤其原因的依據。

材料與方法

於77年3月開始定期與非定期前往宜蘭之壯圍、五結、大坑、頭城與礁溪等地區採取水樣，其中並以頭城、礁溪附近的五個池子，將其編為1，2，3，4與5號，做為定點觀測之蝦池。並配合業主放養蝦苗，於4月底開始約每隔一個月左右前往採取水樣，並觀察池蝦的活力與患病情形。其中2號池係放養紅尾蝦，餘四池則放養草蝦。採樣時一般都在下午1—4點左右。另外在其他蝦池除了不定期採樣外，並撈起數尾不同健康情形的池蝦，供一般病害鑑定及帶回實驗室供分析其體內之重金屬含量。茲將分析與測定的方法簡述如下：

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。
- ③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）
- ④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）
- ⑤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）
- ⑥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。
- ⑦矽酸鹽（Silicate）：係將試水與鉬酸作用，經草酸與硫酸鉀胺酚（4—(Methylamino)—phenol sulfate）還原呈色後，在分光光度計波長810nm 下定量。
- ⑧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）
- ⑨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）
- ⑩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。
- ⑪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 ($45 \times 60 \mu m$) 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 l 之水樣以 Luglo's solution 固定，携回實驗室後以 millipore paper 過濾，於顯微鏡下觀察，並依山路 (1966, 1974) 之圖鑑記錄種類及數量。

結 果

宜蘭地區在清明過後，其下午池水水溫都在 27°C 以上 (表一～表四)，而最熱時，其池水溫度可達 35°C 。幸好，這段高水溫期只有午後的一、二小時而已，故為害不大。一般言之，此種水溫範圍，都很適合草蝦與紅尾蝦之成長。再者於較熱的 6 月及 8 月，池水的水溫主要受氣溫所影響，但同時間各池水溫的差異亦多少與池中的藻類有關，即藻類愈多者，因吸光熱的能力愈強，致水溫會稍高些。

蝦池的鹽度在各池間的變化較大，這可能與業者養殖的技術，蝦池地勢，換水的頻率及下雨有關，一般在養殖初期，鹽度較高，約 20—22‰，然隨著養殖天數的增加，則減低鹽度，故有降至 5—6‰ 左右 (表一～表四)。在鹽度低至 5—6‰ 時，池蝦雖可成長，但不是最佳的環境，而且為了保持低鹽度，必須引入溪水，而溪水常已受污染，致池蝦生長可能受挫。如 8 月時的 1 及 3 號池，其鹽度低因而水中的銅、鋅含量則較高，若能有計劃或限量的抽取清淨地下水，則可能會較好些。

蝦池 pH 值在下午時刻大都落在 8.2—8.8 之間，應屬正常 (表一～表四)。這是因為藻類行光合作用，吸收二氧化碳的關係，致 pH 值上升，亦即表示蝦池生產力旺盛，水質已在淨化，生態已趨穩定。然而在所調查的五個池子中，曾有 2%，其 pH 值少於 8，此值似稍嫌低些。因為正常情況下，午後的 pH 值應為全天的最高者，且其週日變化與溶氧相似。因此此種較低的 pH 值可能與其水中較多的浮游動物或較高的鋅含量 (0.15ppm Zn) 有關。此種不穩定的環境也相對的，會對池蝦之生存或成長有不良的影響。

溶氧為水質最重要的因子。在同一時間內，溶氧高者，其 pH 值亦高 (表一～表四)。由 5 月 26 日之調查結果可知：溶氧為 6.7—6.8ppm 者，pH 值只有 7.9，而當溶氧為 8.1—12ppm 時，則其 pH 已達 8.8 以上 (表二)。溶氧的主要來源在白天為植物之光合作用，因此植物性浮游生物的多寡可影響溶氧量。水中的溶氧一般隨著養殖天數的增加而增加 (表一～表四)，這是因為水中的浮游生物 (水色) 因池中營養物質的增多而增加。在所測定的池水水樣中，午後的表層溶氧至少都在 6 ppm 以上，此濃度雖不是很高 (有些達 14ppm O_2)，但若於晚上加開水車打水，則泛池的可能性不大，一般仍可維持池蝦的呼吸作用。

由於池蝦為底棲性的生物，其大部份的時間多在底部活動，因此對蝦池底部的溶氧亦有瞭解的必要。一般言之、蝦池的溶氧，隨著水深的增加而減少 (表一～表四)，但減少的幅度都不大，尤其在養殖初期的 5 月份時 (表二)，但在六月底以後，即在養殖中末期以後，溶氧上下層的差幅，則比較明顯。這是因為底層有機物在 6 月份後累積愈來愈多，並加速分解消耗底層溶氧的關係。再者亦有為數不少的蝦池，其溶氧濃度的垂直變化，反而在下層較多 (表五)，還好其上下溶氧的差幅相當少，這種情形一般多發生在低水溫時，尤以 3—4 月份時較多。然而不論其變化如何，最重的係下層水的溶氧與池底底泥的溶氧，一般的差異都相當的大，最多可達 5.1ppm (9.3—4.2ppm) (表一～表五)。此種現象將會使池蝦不安棲於底部，而有四處環游的現象，也就影響到正常的成長速度。

溶氧的另一來源為水車運轉後由空氣中所溶入，此在晚上時，更為最主要的來源。水車的使用，

確有增加池水底部溶氧之功效(表五)。因經水車打氣後,它能充分攪拌並打破各種分層現象,致上下層及底泥溶氧的差異縮小,才不致引起不良的效果。

蝦池中營養鹽的氮以硝酸態氮、亞硝酸態氮及銨態氮等三種形式存在。由其在蝦池的含量變化,可知銨態氮有隨著養殖天數的增加而明顯的增加。但其含量最高亦不超過0.19ppm(表一~表四),若將其依當時水溫與pH值換算成氨態氮時(un-ionized ammonia),其含量亦不超過0.032ppm而已,對池蝦仍不構成威脅。硝酸態氮的含量一般都高於銨態氮,表示大部份蝦池的溶氧都不缺乏,而其含量變化與養殖天數的關係,雖不若銨態氮者那麼明顯,但仍可看出其有隨著養殖天數的增加而增加。其量甚多高於1ppm者,雖對池蝦仍無抑制生長的不良影響,但表示池水已甚肥沃,仍值得注意。

亞硝酸態氮在各池中的變化除了5月4日時的含量稍高外,從5月26日起到8月18日的這段期間其含量亦稍微有增加的趨勢,但並不明顯。其含量有低到25ppb,而最高則達1026ppb(表一~表四),此最高的濃度對於溶氧在水中及蝦體血液中的交換,可能有抑制的作用,但尚不致於引起死亡。

三種氮鹽在蝦池中消長的關係並不明顯,表示蝦池甚受外來因子的影響,尤其是含有高蛋白質飼料之投放與時常大量的換水。也因此若池水管理較好時,則三種氮鹽的總量會低些,如5月26日1號池(表二)對池蝦的影響較少。反之如8月18日4號池,三者都有最高的含量。

蝦池水中磷酸鹽的含量高低相差甚多,約在0.5~441ppb之間變動(表一~表四)。在剛開始放養後,由於藻類的吸收繁殖,飼料的使用量甚少,故大部份的磷酸鹽被消耗殆盡而減至最低,但隨著養殖天數及飼料的增加使用,其含量增多。大部份的磷酸鹽濃度都落在150~260ppb之間,表示池水已甚肥沃,已達超優氧化的境界,此時蝦池雖然含有各種浮游植物,但必須注意,不使浮游植物的變化甚鉅,否則仍會影響池蝦之生存與成長。

矽酸鹽為矽藻的主要營養物質,其在蝦池的含量變化並無一定的趨勢。其濃度在0.05~6.8ppm的範圍,且各池的差異亦甚大(表一~表四),但若與當時各蝦池主要浮游植物相比較,則發現:若矽藻為主要種類時,則其含量都在0.7ppm以下,若有高濃度的矽酸鹽時,則主要藻相決非矽藻。由於矽藻係營養豐富且易消化的種類,而部份蝦池的矽酸鹽頗有不足,造成矽藻不能大量生長。淡水一般富含矽酸鹽,也因此蝦池水愈淡者,矽酸鹽應愈多,然而由於各池的管理不同,藻相的差異,且經過矽藻的使用吸收後,已無此種趨勢,故知蝦池的生態系統極不穩定,外來因子的影響極大。

化學需氧量係表示水中有機物含量,亦多少可表示池水的肥沃度。其在蝦池的濃度介於2.7~9.2ppm之間,但一般都在4~7ppm範圍,故變化不大(表一~表四)。較高化學需氧量的蝦池,一般會產生較多的四鞭毛藻(Carteria)、輪蟲(Brachionus)及藍綠色藻類,這些都是水質已太肥沃的指標生物,對池蝦的成長亦較不利。乾淨海水的化學需氧量約在0.3~0.6ppm之間,故勤加換水,仍可改善蝦池的環境。

葉綠素A可有效地代表蝦池中浮游植物的含量,蝦池的含量都屬優氧化或超過優氧化,故含量甚高,在2.4~200ppb之間(表一~表四),為乾淨海水的數倍到數百倍之多。一般言之,葉綠素A濃度高的蝦池,愈為優氧化,水中所含的有機物愈多,故其水色概為暗綠色或褐綠色,對池蝦並不是最好的水色;濃度稍底時,則為綠色,對成長有利。在所調查的五個蝦池中亦發現,除了2號池在開始放養後,因有大量的綠藻存在而使葉綠素A含量稍高外,其他各池之葉綠素A都有隨著放養天數之增加而增加之趨勢。到8月18日時,各池含量都在90~200ppb之間,水色已濃,藻類量也多。

宜蘭地區的水質,一般言之,較少受工業的污染,故重金屬的含量較少,如表六其銅、鋅及汞的濃度都低於儀器的偵測值,然而仍有少數地點因引入的河川水,因受地下工廠排放廢水之影響,致鋅的含量有高達0.15及0.2ppm者。此濃度的鋅雖不會引起池蝦的死亡或顯著的成長抑制,但長時間在此生活的蝦苗,若有其他不良的stress時,仍多少會受影響,幸好其具有高濃度的期間不長。銅的含

量在3~22ppb之間，但超過10ppb者亦復不少。若下大雨後，則蝦池銅含量有低至0.5~0.8ppb的情形，顯示蝦池仍有少量的污染來源，但此濃度相信不會對池蝦有所影響。

另外亦發現，在同一蝦池中，健康良好活力甚佳的草蝦，其體形也較大，且其體內所含的銅、鋅、鎳與汞量、也比不健康者為低（表七）。而犯有黑鰓者，其體內金屬的含量則比蝦體有爛尾或身上有雜異物附著者之含量為高。至於在不同的蝦池中，雖然各池的金屬濃度仍有很大的差異（表八），然而金屬在各器官的含量，仍以蝦苗較為健康者最低，蝦體有爛尾者其含量稍高，但若有鰓病者，則其含量為最高（表九）。蝦體累積的金屬中以銅及鋅為主，其量甚多為ppm之濃度、而鎳與汞的含量甚少，只有ppb之濃度。另外值得一提的，為水中的鉛濃度都在4ppb~13ppb之間，然而蝦體內累積的鉛含量則在儀器的偵測值之下，表示其雖可累積，但累積量不多與其他的銅、鋅進入蝦體的方式不同。

金屬在蝦體的分布、由表七及表九可知，一般以鰓的含量最多，蝦殼次之，而以肌肉之含量為最少。在所測的蝦體中，其汞含量都不超過國家標準的安全濃度0.5ppm，故甚合食用。

各蝦池在調查期間主要出現浮游性生物示如表10~表13，其主要的優勢種計有 *Schizochlamys*, *Euglena*, *Cyclotella*, *Chlorella*, *Carteria*, *Coscinodiscus*, *Cryptomonas*, *Chaetoceras*, *Chroococcus*, *Westella*, *Microcystis*, *Merismopedia* 及 *Nitzschia* 等多種。很明顯的，在放養後的2個月內，其植物性浮游生物的主要種類，在各池間的差異甚大，且各月間之變化，亦無規則可循。到養殖末期時，各池的差異雖然仍大，但相鄰的二池如1號與4號或2號與5號都有相同的 *Cyclotella* 或 *Chlorella* 為主，表示其有相同之水土源，相似的管理方式或投餵方法。

在這些主要種類中，若為綠藻或矽藻則水色不會太濃，仍適合池蝦之生長。但若長有 *Euglena*, *Carteria*, *Cryptomonas* 或 *Chroococcus* 則水色已太暗或成黃褐色，水中有機質太多，故並不是好的藻種，常引起蝦病的 *Biddulphia* 在此期間亦無出現。再者其池水中亦常發現有少數的淡水藻類，如 *Microcystis*, *Merismopedia*, *Gomphonema*, *Scenedesmus*, *Selenastrum* 及 *Crucigenia*，這些可能是由理引入的河水而來，它們能在半淡鹹水中生存一段時間，而蝦池之鹽度維持較低，致有此現象。

植物性浮游生物的數量與葉綠素A似有正相關的關係，如5月4日的1號池藻類甚少，故葉綠素也低，而2號池因繁生大量的 *Schizochlamys*，每cc高達5千個，故葉綠素A亦高達147ppb。

動物性浮游生物不論在種類與數目上都比植物性浮游生物少得很多。其主要種類在早期以甲殼類的 *Eurytemora*、*Acartia* 及 *Calanus* 為最多，如 *Calanus* 可達每cc2.4隻，*Eurytemora* 亦達1.9隻。表示一般的蝦池水質仍甚佳。然而到後期時，甲殼類之數目大為減少，輪蟲取而代之，在所有的蝦池中成為優勢種，其數量每cc約為1~7.7隻。其輪蟲種類除了 *Brachionus* 外，還有 *Hexathra*，可知水質已開始老化，有機物太多，池蝦在此種環境生長，較易得病。

討 論

Hutchinson (1967) 認為溫度為最重要的環境因子之一，幾乎所有的生物機能與生態體系皆受其所左右。在一般的化學溶液中，水溫增加，則溶存的氣體反而減少，但在蝦池中，由於含有甚多的藻類可行光合作用，故常常可見水溫增高使藻類的光合成速率也提高，致溶氧也大增。然而在陽光照射不到的底層或晚上時，若溫度提高反而有使溶氧大減的現象，此種溶氧的週日顯著的變化，在水溫提高時，非常明顯。黃 (1979) 的調查研究中，亦得有相同的結果。

連 (1966) 指出適宜草蝦生長的水溫範圍在25~30℃之間，陳 (1985) 更進一步指出草蝦生長最

佳的溫度為28~33℃之間，當水溫達34~35℃時，其成長的速率雖不若30℃者，但仍有相當滿意的成長結果。以此證之於台灣南部的養蝦場，由於夏天時其水溫較高，故有時在3個半月~4個月即可收成。而在北部的夏季或南部的冬季養蝦時，則草蝦的生長約慢半個月~一個半月。再者，黃（1979）亦曾測出蝦池的水溫有高達35℃者與本研究雷同。

草蝦為廣鹽性的蝦類（Motoh 1985），若經慢慢的馴化能存活於鹽度0.3‰或46‰之間（Chen, 1980; Chen, 1982），國外亦有報導，此蝦能於淡水中存活。然而在鹽度甚低的半鹹水中，草蝦生長雖不受影響，但蝦肉較柔軟且較易得病。而在鹽度42‰以上時，則其生長顯著地受抑制。連（1966）指出適宜草蝦生長的鹽度為10~20‰之間，陳（1985）與丁（1986）則認為其範圍在15~25‰之間。陳（1985）更指出當蝦苗還小時，其較喜好25‰之鹽度，等長到中或大蝦時，則鹽度在15‰時，將會有更佳的成長。宜蘭蝦池之鹽度對草蝦的生長應無影響，倒是漁民刻意在養殖中後期，為了維持蝦池的低鹽度，致引入已受污染的河水，值得檢討。

溶氧可說是水生生物最重要的環境因子，其在魚池的動態中，易受有機物之腐敗分解、生物的呼吸、植物性浮游生物之光合作用所左右，並與空氣的溶入等有關（Boya, 1982）。為了維持池蝦的正常生活與發揮其生理機能，蝦池的溶氧濃度至少應在3.7ppm以上（Chen 1985）或4.0ppm（Liao & Mural, 1986）。宜蘭蝦池在白天時的溶氧大都超過上述的濃度，並無問題。倒是其在底層或晚上無太陽光時，定會發生溶氧不足，魚介類紛紛浮頭泛池的現象，因此蝦池應有中央排水或由底層排水的設施，並配合人工的定期抽排池底的污泥，及適時適地的水車運轉，方能使蝦池的溶氧隨時都維持在3.7ppm O₂以上。啟動水車後，一般言之都有增加水中溶氧，減少二氧化碳的功效。（Ver & Chiu, 1986）。同時也有消除池中分層的現象（Carpenter et al, 1986）。這也就是在養殖的後半期，當蝦已長大此為水中有機物大量增加後，要使水車運轉不停的理由，此種管理要點已見諸於各養殖法（何，1984）。然而在本研究中，却有趣的發現在表五的大坑2號池，其水車前後溶氧的差異竟如此之大（8~19ppm），即水車後的溶氧已超過飽和甚多，觀其水色為深褐色，池水有較多的雙鞭毛藻，此是否為溶氧增加的主因，仍有待追查。然而若能利用這些特性，說不定能改善蝦池的環境。

養殖池水的pH值雖甚受許多因子所左右，但一般與水中植物性浮游生物的多寡和有機物腐敗分解等有關。Chen（1971）即利用上下午pH值之變化，來判斷池中底藻的多少，而獲致有效地結果。因此pH值變化很小，且下午二~三點時其值不超過pH 8者都不是好的養殖池。在繁殖場中，秦（1986）亦發現當pH值降到7.6時，即會發生大量蝦苗死亡的現象。然而Stroud（1967）認為pH值在9.5以下仍適宜一般魚類的生長。但Chen（1985）指出最適於草蝦生長的pH值範圍為8.0~8.5。且當pH值高達9.2時，即會引起草蝦的慢性死亡。宜蘭地區的蝦池pH值一般都在適宜的範圍內，但必須注意其每日的變動不要太多，否則仍是一個Stress。

硝酸態氮因較不具毒性，故其濃度雖達1 ppm以上，應仍無不良的影響。至於氨態氮則甚具毒性，許多報告指出其對草蝦的安全濃度為0.1ppm NH₃-N（Wickin, 1976; Chen, 1985; Chin & Chen, 1987），故以宜蘭蝦池中的濃度論之，應無不良之影響。而蝦池中氮肥隨著養殖天數的增加而增加，主要係因投入多量含高蛋白質的飼料所引起。目前草蝦的飼料係數（F.C.R.）雖公認為1.5左右，但若以濕重計算之，則此係數應為10~12比1。因此殘餌、剩餌或蝦體的排泄等仍是造成氮肥在養殖後期濃度大量增加之主因。

亞硝酸態氮，對淡水生物極具毒性，尤以鮭鱒魚為最（Brown & Mcleay, 1975）。但在海水中，因為鈣鎂等離子之關係，其毒性已大為減少。Wickin & Beard（1978）指出草蝦在6~10mg/l的NO₂-N中3星期並無死亡發生。黃（1979）發現蝦苗在100ppm下，四天後仍無死亡。陳（1988）在未發表的研究中得知5 ppm之NO₂-N並無生長的抑制作用。因此蝦池的亞硝酸，雖高達1 ppm，應

仍屬安全範圍。值得一提的，甚多蝦池管理人員分析亞硝酸的目的，是希望由此來預測氨態氮的含量。其實在複雜的蝦池環境中，氨態氮、硝酸態氮與亞硝酸態氮等三者之間已無互相消長的關係。亦無明顯的正相關。因此測定池水的亞硝酸態氮並無想像中的用途。

蝦池開始放養後，由於蝦苗甚小，故一般只投少量的飼料，甚或不投。也因此池中的營養鹽大為缺乏。因此在注水後即應開始施肥並做水，Rubright et al (1981) 亦認為施肥能增加蝦的生產量。然而等到養殖中期後，因多量的投飼與殘飼致水質太肥，若再施肥不但浪費且會有不良的後果。再者營養鹽若要被浮游植物完全吸收，其N:P或N:P:Si比要有一定的範圍(Grill & Richards, 1964) 否則只是浪費肥料而已。宜蘭蝦池的N:P比變化太大，有時呈現不足的現象，致主要藻相亦一再改變，並不是好的生態環境。

存於水中的有機物或殘餌會因細菌的腐敗分解而被轉變成一些簡單的無機物，也因此會增加池中的營養鹽。適量的營養鹽能促進藻類的生長，但若超量時，則可能會繁生較不適合魚類生長的藻類。田宮(1965)與岩崎(1967)指出各種不同的藻類表現出不同程度的營養需求，如藍綠藻甚喜高溫及有機物含量的水域。而綠藻對有機物之需求並不非常明顯。在本調查中，蝦池的有機物多，且營養鹽濃度亦高，水質已太肥沃。才會產生佔優勢種的Euglena、Carteria，藍綠藻及輪蟲。因此在水質還沒太肥沃時，應控制藻種並設法減低肥水的濃度，故最常見的方法為換水，其次為培養藻類做水色以減低其濃度。陳(1987)曾指出蝦池水色的功用及種類，並認為應儘量保持淺紅棕色或綠色，以使水色穩定才能培育出好的蝦產量。如何使宜蘭蝦池的水色維持良好並保持水中有益的種類，仍有加強研究的必要。

由蝦池中出現的浮游植物與動物可反推水質肥沃的程度，此方法即一般常用的以生物指標來研判水域受有機物污染的程度(代田, 1974)。一般言之，橈腳類屬於清水域的生物，枝角類則介於清水域與腐水域之間，而輪蟲則為腐水域最常見的生物。宜蘭蝦池在放養的早期以橈腳類最多，中後期以後則由輪蟲取而代之。此種生物相的變化與化學的變化極為吻合，因此如何減少水中有機物的含量，值得進一步的研究。

蝦池中若有橈腳類，在放養初期是幼蝦的最好餌料。然而當草蝦長大後，輪蟲與橈腳類相對的都已變得太小，被大蝦索食的機會甚少。而多量的浮游動物反而對池蝦的生長與環境的維持，特別是溶氧的穩定，有極其不良的影響，因此擬設法去除之。

宜蘭地區因較少受重金屬所污染，故蝦池水中的重金屬濃度一般都低於香山(陳與林, 1987)或南部的高雄與台南(陳等, 1987)附近的水域。也因此其蝦體重金屬的含量比污染地區者低下甚多(陳與林, 1988)。宜蘭地區有局部性的鋅污染，但其濃度應不構成池蝦生長的抑制。至於蝦池水中的銅來源，甚多都由業者施放硫酸銅所引起。但相信也不會危害池蝦之生長。至於患有腫鰓或黑鰓的蝦體，其體內組織具有較高的銅鋅含量，應是蝦鰓受傷害後，其體內重金屬較難由鰓部排出所致。而非黑鰓之蝦累積較多金屬之故。否則同樣患有爛尾的蝦體，其體內金屬的含量却與正常者並無差異。

綜觀宜蘭蝦池之環境因子，雖非非常適合池蝦之存活與生長，但不可諱言的，此種蝦池照理應有相當數量的收穫量。然而却普遍發現池蝦的生長有較慢的趨勢，且其中有三個池子當蝦約在40尾斤或50—60尾斤時，却因得病、厭食而棄養，且產量奇差無比。去年本省養殖的草蝦普遍產生大量死亡的現象，並經魚病防治專案小組(1988)指出此次罹病的非病原因素與病原因素計有多項。然而陳等(1988)經研究與查證之後認為不良、虛弱與早產的蝦苗係為主因。因這些不好的蝦苗在養殖環境較差的水域中，即會慢慢得病、淘汰而死亡，而其他的病原因素只是使蝦苗加速死亡而已。若比較宜蘭去年與黃在1979年研究時之水質環境，二者實無多大差異，然而去年何以會有大量死亡的現象？再者管

較佳的蝦池，一般都有較好的產量，因此若放養品質不好的蝦苗時，尤應注意蝦池環境的變化，才有好的產量。

在所調查的蝦池中，如2號與5號由於蝦苗成長不易，致業者之照顧與管理興趣不高，再加上其地勢甚低，整池遭致大雨淹沒而結束經營，因此養殖地點之選擇，仍宜多方慎重選擇才對。

摘 要

蝦池環境能影響池蝦的生長，並關連蝦池的生產，其重要性甚為明顯。而集約式養蝦法更因為其管理精緻繁雜，致蝦池之生態環境極富變化且呈不穩定的體系。為了瞭解蝦池之環境因子的特性與其變化的範圍，以做為往後蝦類養殖管理之依據並促進養蝦之增產，故進行宜蘭蝦池之生態研究。同時，所獲得的結果亦可做為去年草蝦大量死亡原因之參考。

宜蘭地區在夏季時，因水溫較高甚適合草蝦與紅尾蝦之生長。蝦池的pH值雖在適宜的成長範圍，但當浮游動物大量發生時，則pH值有降至8以下，對池蝦不利。蝦池之鹽度因引用半鹹水與下雨的關係，有隨著養殖日數而降低至5~6‰趨勢。植物性浮游生物數量多時，能增加水中溶氧，並導致pH值的上升。溶氧在白天都在正常的範圍，且一般有隨深度的增加而下降，此種現象在養殖後期較為明顯。表層底土的溶氧，在養殖後期因有機物的累積，致遠低於水中溶氧，並呈現氧氣不足的現象，因此必須換水或啟動水車。水車的運轉確會減少溶氧上下層的差異，並增加底部的溶氧量。養殖過程中，由於施用大量的飼料，致三種含氮的營養鹽會隨養殖日數的增加而增加，但其濃度都不高，偶而有高達0.1ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ ，1ppm $\text{NO}_2\text{-N}$ 及1.9ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ ，但對池蝦並無明顯的毒性或抑制生長的作用。此三種氮肥濃度在蝦池中並無相關或消長之關係存在，故知蝦池之生態極其複雜。化學需氧量濃度高的蝦池常伴隨著四鞭毛藻（Carteria）、輪蟲及藍綠藻的大量出現，也因此養殖初期有幾物少時，蝦池有多量的甲殼類，如Eurytemora, Acartia的出現；後期則由輪蟲取而代之，成為蝦池的優勢種，表示水質已不佳。蝦池浮游植物的葉綠素A濃度與藻類的含量有正相關的關係，二者並有隨養殖日數而增加的情形，亦即養殖後期營養鹽甚多，故繁生多量的藻類，但其氮磷比在養殖前期則有不足之現象，因此必須施肥，以利水色之培育。蝦池之優勢種浮游植物變異極大且改變快速，計有Schizochlamys, Westella, Euglena, Cryptomonas, Carteria, Chlorella, Merismopedia, Chroococcus, Cyclotella, Chaetoceros, Nitzschia等多種，其中以能生成綠色或淺紅棕色水色之藻類為佳。

宜蘭蝦池雖有局部受銅、鋅之污染可能，但其濃度仍不足以引起毒性作用。倒是身體健康的蝦體，其體內的金屬含量比患有鰓病者為低，這是因為蝦鰓受損後，其排除體內重金屬之速度減慢之故。綜觀此次研究結果，宜蘭草蝦大量死亡的原因與蝦池環境並無多少關連。而不良、虛弱或早產的蝦苗才是死亡的主因（陳等，1988），但若環境良好時，則可減少死亡之發生。

謝 辭

本報告由農委會補助計劃之「養殖環境及魚類異味改善」，編號為77農建—3.1—漁—33(二)及78農建—3.1—漁—21(二)所資助而完成。研究期間得農委會漁業處、宜蘭縣家畜疾病防治所，省漁業局與水產試驗所等諸位先生的關懷與協助，尤其漁業局的楊先生與張先生的協助採樣，養殖業者的配合才能完成，特此致謝。

參 考 文 獻

1. 丁雲源, 1986. 蝦之飼養管理實務探討・養魚世界8: 35-50
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. 田宮博, 1965. 藻類實驗法・江南堂, 東京・455頁
8. 代田昭彦, 1974. 水産餌料生物學・恒星社, 東京・514pp.
9. 伊藤鉀太郎, 1972. 工場排水試験方法・JISK 0102・日本規格協會, 東京・
10. 何仲森, 1987. 台灣的草蝦養殖・東冠水産開發有限公司・pp.287
11. 岩崎英雄, 1967. 微細藻類の分離と培養, 日本水産資源保護協會・55頁
12. 秦宗顯, 1986. 氮與亞硝酸對草蝦苗活存率之影響及其急性毒性之研究・國立台灣海洋學院漁業研究所碩士論文, pp.84
13. 連俊國, 1966. 蝦類單養試驗, 水試所報告12: 65-68
14. 黃本, 1979. 草蝦池之生態研究・中國文化學院海洋研究所碩士論文・41頁
15. 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
16. 陳弘成等, 1987. 台鹽發展水産養殖事業之市場調查・台鹽76研究發展7613T.64頁
17. 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
18. 陳弘成等, 1988. 台鹽發展水産養殖事業可行性之研究・台鹽77研究發展7713T・
19. 陳弘成, 林明南, 1988. 污染地區水生生物體內重金屬含量之研究・環境保護與生態保育研討會論文專集・台北, P198
20. 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。
21. 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.
22. Brown, D.A., and D.J. Mcleay. 1975. Effect of nitrite on methemoglobin and total hemoglobin of juvenile rainbow trout. *Prog. Fish Cult.* 37(1): 36-38.
23. Boya, C.E., 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier. New York. 318pp.
24. Carpenter, 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.
25. Chen, H.C. 1971. Increase of benthic algae in milkfish ponds by application of silicate. Chinese-American Joint Commission on Rural Reconstruction Fisheries Series, No.11 p.71-83.
26. Chen, H.C. 1975. Some effects of heavy metals on *Palaemon elegans*. Ph.D Thesis. Liverpool University. 163pp.
27. Chen, H.C. 1980. Feasibility study of a prawn/fish farming project in Indonesia. Taiwan Fisheries Consul. Inc., 37pp.
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*, p165. 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. Grill, E.V. and F.A.Richards. 1964. Nutrition regeneration from phytoplankton decomposing in sea water. J. Mar. Res., 22 : 51-69.
 32. Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. 11: Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York John Wiley & Sons Inc. 1115pp.
 33. 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.
 34. Kungvankij, P. 1985. Overview of penaeid shrimp culture in Asia. pp.11-22. In Y.Taki, J.H.Primavera, and J.A.Llobrea (eds.). Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Aquaculture Department Southeast Asian Fisheries Development Centre. Iloilo, Philippines.
 35. Lee, C.S., J.N.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.
 36. Lighner, D.V. 1985. A review of the diseases of cultured Penaeid shrimps and prawns with emphasis on recent discoveries and developments. Proceedings of the First international Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. Iloilo City, Philippines.
 37. 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.
 38. 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.
 39. Rubright, J.S., Jim L.Harrell, Hoyt W.Holcomb and Jack C.Parker. 1981. Responses of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. J.World Maricul. Soc., 12(1):281-299.
 40. 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.
 41. Shigueno, K. 1975. Shrimp culture in Japan. Association for Intl. Tech.Promotion, Tokyo, Japan. 153pp.
 42. 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.

43. Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14(5):700-801.
44. Strickland, J.D.H., and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bulletin. 167, 310pp.
45. Stroud, R.H., 1967. Water quality criteria to protect aquatic life. Am. Fish. Soc., Special Publication, no.4, pp.33-37.
46. Ver, L.M.B., and Y.N. Chiu. 1986. The effect 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.
47. Wickins, J.F. 1976. The tolerance of warm-water prawn to recirculation water. *Aquaculture*, 9(1):19-37.
48. Wickins, J.F., and T.W. Beard. 1978. Prawn culture research. MAFF. Lab. Leaf., no.42, pp.13-14.

表一 五月四日宜蘭各蝦池的水質

蝦池號碼	Temp(°C)	Salinity (‰)	PH	DO (ppm)			底土	NH ₄ -N (ppb)	NO ₃ -N (ppb)	NO ₂ -N (ppb)	PO ₄ -P (ppb)	SiO ₃ -Si (ppm)	COD (ppm)	Chl'a (μg/l)	Water color
				上	中	下									
1	31	23	8.46	7.5	7.1	7.5	5.6	16.6	33.7	811.7	0.9	5.16	2.71	11.9	黃綠色
2	31	18	9.16	9.5	9.5	9.3	4.2	45.8	31.7	418.5	5.1	5.98	7.22	147.56	墨綠色
3	31	11	8.25	7.4	7.6	7.1	5.0	125	13.1	771.2	0.5	3.79	5.41	19.83	綠色

表二 五月二十六日宜蘭各蝦池的水質

蝦池號碼	Temp°C	Salinity (‰)	PH	DO(ppm)			底土	NH ₄ -N (ppb)	NO ₃ -N (ppb)	NO ₂ -N (ppb)	PO ₄ -P (ppb)	SiO ₃ -Si (ppm)	COD (ppm)	Chl'a (μg/l)	Water color
				上	中	下									
1	27	11	8.8	8.1	8.2	7.1	6.3	5.9	99.1	25.3	223.7	0.61	6.9	18.9	濃綠
2	27	20	7.9	6.8	6.8	6.5	6.5	111.3	1223.9	156.0	441.4	2.37	6.9	43.6	淺褐
3	27	20	7.9	6.7	6.2	5.5	4.8	6.7	142.4	35.3	305.3	0.40	7.65	4.76	棕綠
4	27	15	8.6	10	9.7	9.3	8.7	7.8	120	30	250	0.52	6.5	13.9	棕綠
5	27	16	8.9	12	11.6	11.5	11	18.9	1973.7	666.2	82.2	0.18	4.8	6.0	綠

表三 六月三十日宜蘭各蝦池的水質

蝦池號碼	Temp (°C)	Salinity		PH	DO (ppm)			底土	NH ₄ -N (ppb)		NO ₃ -N (ppb)		NO ₂ -N (ppb)		PO ₄ -P (ppb)		SiO ₃ -Si (ppm)		COD (ppm)		Chl'a (μ g/l)	Water color
		(‰)			上	中	下															
1	34	14		8.45	8.0	7.0	6.5	5.3	38.8	1138.7	555.1	234.63	0.216	4.8	55.9	綠 色						
2	35	19		8.4	8.0	7.0	4.0	3.3	51.3	835.9	481.1	240.6	1.065	4.64	53.5	綠 色						
3	35	14		9.03	12	11.7	10	8.4	24.2	922.4	510.7	246.5	0.319	5.76	107.1	濃綠色						
4	34	12		8.47	6.9	6.5	6	5.2	21.5	1102.6	629.2	246.57	0.222	4.64	64.3	綠 色						
5	35	22		8.64	8.8	8	7	6.3	7.9	37.7	35.3	234.6	0.73	4.32	2.38	淡 綠						

表四 八月十八日宜蘭各蝦池的水質

蝦池號碼	Temp(°C)	Salinity (‰)	DO(ppm)			底土	NH ₄ -N (ppb)		NO ₃ -N (ppb)		NO ₂ -N (ppb)		PO ₄ -P (ppb)		SiO ₃ -Si (ppm)	COD (ppm)	Chl'a (μg/l)	Water color
			上	中	下		(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)						
1	27.5	6	8.89	11.0	10.5	10.1	9.1	84.3	1005.4	575.8	163.8	0.86	6.06	90	濃綠			
2	30	20	8.80	14.2	13	11.8	12	68.3	835.9	518.15	240.0	0.049	9.26	140	暗綠			
3	27.5	5	8.89	9.9	9.4	9.5	7.4	105.3	407.0	355.2	158.4	0.519	7.34	110	濃綠			
4	29	10	8.39	9.0	8.8	8.0	6.8	190.3	1063.1	1034.8	240.0	0.05	5.21	140	暗綠			
5	30	16	8.73	13	12	12	8.7	58.3	22.68	28.3	163.85	2.335	8.62	200	棕綠			

表五 各蝦池水車前與水車後溶氧之垂直分布

日 期	水深 (cm)	頭 前	城 後	大 前	坑 1 後	大 前	坑 2 後	礁 前	溪 後
3 月 22 日	0-20	9.0	9.2	9.7	19	9.2	10.8	7.6	8.3
	20-40	9.1	8.9	8.5	19	9.2	10.5	7.5	8.2
	40-60	8.9	9.1	8.7	18.5	9.1	10.5	7.5	8.2
	60-80	8.4	8.4	8.5	18	9.9	9.2	8.0	7.9
	表層底土	8.3	8.5	8.1	9.2	9.8	9.1	8.2	7.7
	水深 (cm)	池 前	1 後	池 前	2 後	池 前	3 後	池 前	5 後
5 月 26 日	0-20	8.1	8.9	6.8	7.0	6.7	6.0	12	12
	20-40	8.2	8.5	6.9	6.9	6.7	6.2	11.5	12
	40-60	8.3	8.6	6.9	6.9	6.5	6.0	11.5	12
	60-80	7.8	8.4	6.7	6.8	6.0	6.0	11.5	11.7
	80-100	7.1	8.5	6.5	6.8	6.2	5.9	11.5	11.7
	100-120					5.5	5.8	11.5	11.5
	表層底土	6.3	7.8	6.3	6.7	4.8	5.4	11	11.3

表六 宜蘭蝦池水中重金屬之濃度

日期	蝦池號碼	Cu(ppb)	Zn(ppb)	Cd(ppb)	Pb(ppb)	Hg(ppb)
1988. 5. 4	1	5.45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	2	4.55	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3	5.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1988. 5. 26	1	11.36	51.89	n.d.	n.d.	n.d.
	2	10.61	20.32	n.d.	n.d.	n.d.
	3	22.73	152.11	n.d.	n.d.	n.d.
	4	9.2	40.1	n.d.	n.d.	n.d.
	5	10.3	43.2	n.d.	n.d.	n.d.
1988. 6. 30	1	8.33	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	2	9.85	29.16	n.d.	n.d.	n.d.
	3	17.42	209.78	n.d.	n.d.	n.d.
	4	10.61	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	5	12.88	15.68	n.d.	n.d.	n.d.
1988. 8. 18	1	3.94	6.18	n.d.	n.d.	n.d.
	2	3.79	2.5	n.d.	n.d.	n.d.
	3	4.55	6.18	n.d.	n.d.	n.d.
	4	n.d.	2.06	n.d.	n.d.	n.d.
	5	3.79	2.35	n.d.	n.d.	n.d.

表七 礁溪蝦池水中重金屬的濃度與蝦體各組織的累積量

草蝦體重	組織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	附註
23 g	鰓	21.2	33.1	0.22	n.d.	73.1	爛尾
	殼	13.7	15.4	0.34	n.d.	60.0	附有雜物
	肌肉	4.1	13.0	0.12	n.d.	n.d.	
24 g	鰓	41.0	50.6	0.41	n.d.	328.1	黑鰓
	殼	18.7	17.1	0.32	n.d.	309.7	
	肌肉	4.5	9.9	0.05	n.d.	n.d.	
26 g	鰓	19.7	17.1	n.d.	n.d.	70.2	正常
	殼	13.1	15.5	0.22	n.d.	50.5	活力佳
	肌肉	3.1	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	
水中含量		12ppb	31ppb	0.8ppb	n.d.	n.d.	

表八 各草蝦池水中重金屬之含量

池 號	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)	Hg (ppb)
五結A	15	30	0.5	13	n.d.
五結B	8	31	0.8	4	n.d.
壯圍A	13	20	n.d.	6	n.d.
壯圍B	8	12	0.8	7	n.d.
壯圍C	10	13	n.d.	6	n.d.

表九 各草蝦池蝦體各組織重金屬之含量

池 號	組 織	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Hg (ppb)	附 註
五結A	鰓	34.8	38.2	0.27	n.d.	391.1	腫 鰓 蝦體天藍色
	殼	23.8	22.6	0.50	n.d.	632.1	
	肌肉	5.7	12.8	0.03	n.d.	120.4	
五結B	鰓	49.8	44.8	0.26	n.d.	426.1	腫 鰓
	殼	30.1	23.3	0.48	n.d.	80.2	
	肌肉	9.3	13.8	0.11	n.d.	n.d.	
壯園A	鰓	27.6	32.6	0.25	n.d.	100.3	正 常 活 力 佳
	殼	18.9	19.1	0.36	n.d.	10.3	
	肌肉	4.4	14.0	0.02	n.d.	n.d.	
壯園B	鰓	26.7	36.3	0.24	n.d.	n.d.	爛 尾 附有雜物
	殼	18.9	17.5	0.07	n.d.	n.d.	
	肌肉	3.6	11.1	n.d.	n.d.	n.d.	
壯園C	鰓	26.5	28.4	0.19	n.d.	n.d.	爛 尾 附有雜物
	殼	10.2	15.3	0.34	n.d.	n.d.	
	肌肉	4.1	11.2	n.d.	n.d.	n.d.	

二十、 5月4日宜蘭各蝦池的主要浮游動植物

蝦池	浮游植物	數量 (no/1)	浮游動物	數量 (no/1)
1	<i>Euglena gracilis</i>	400	<i>Eurytemora pacifica</i>	200
	<i>Navicula</i> sp.	300	(nauplius)	
	<i>Nitzschia commutata</i>	280	<i>Calanus finmarchicus</i>	150
	<i>Chaetoceros decipiens</i>		<i>Brachionus plicatilis</i>	50
	<i>forma singularis</i>	200		
	<i>Distigma proteus</i>	160		
	<i>Cyclotella</i> sp.	140		
	<i>Nitzschia</i> sp.	120		
	<i>Gyrosigma acuminata</i>	120		
	<i>Gyrosigma</i> sp.	80		
	<i>Gomphonema</i> sp.	40		
2	<i>Schizochlamys gelatinosa</i>	5023200	<i>Eurytemora pacifica</i>	650
	<i>Euglena gracilis</i>	10400	(nauplius)	
	<i>Nitzschia longissima</i>	160	<i>Acartia clausi</i>	350
	<i>Closterium lunula</i>	140	<i>Calanus helgandicus</i>	250
	<i>Chlamydomonas cingulata</i>	140	<i>Polychaeta</i> (nauplius)	200
	<i>Amphiprora alate</i>	100		
	<i>Planctonema lauterbornii</i>	80		
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	80		
	<i>Oscillatoria</i> sp.	60		
	<i>Choococcus minutus</i>	60		
	<i>Cocconeis pediculus</i>	60		
	<i>Diploneis splendida</i>	60		
	<i>Stauroneis anceps</i>	40		
3	<i>Cyclotella</i> sp.	20800	<i>Brachionus urceolaris</i>	9100
	<i>Scenedesmus</i> sp.	240	<i>Calanus finmarchicus</i>	2450
	<i>Nitzschia frustulum</i>		<i>Eurytemora pacifica</i>	1250
	<i>var. perpucilla</i>	180	(nauplius)	
	<i>Nitzschia obtusa</i>	160	<i>Acartia clausi</i> (nauplius)	550
	<i>Navicula</i> sp.	140	<i>Acartia clausi</i>	50
	<i>Chroococcus turgidus</i>	100		
	<i>Phormidium</i> sp.	80		

表十一、 5月26日宜蘭各蝦池的主要浮游動植物

蝦池	浮游植物	數量(no/1)	浮游動物	數量(no/1)
1	<i>Carteria klebsi</i>	2514600	<i>Acartia</i> (nauplius)	270
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	85800	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Chroococcus dispersus</i>	1122	(nauplius)	150
	<i>Westella botryoides</i>	990	<i>Eurytemora pacifica</i>	30
	<i>Anbaena</i> sp.	924	<i>Acartia clausi</i>	30
	<i>Nitzschia ricta</i>	594	<i>Tisbe</i> sp.	30
	<i>Chroococcus turgidus</i>	528		
2	<i>Chroococcus turgidus</i>	25740	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Amphora ovalis</i>	2112	(nauplius)	990
	<i>Amphiprora alata</i>	1386	<i>Acartia clausi</i>	600
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	825	<i>Asplanchna priodonta</i>	30
	<i>Planctonmea lauterbornii</i>	528		
	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	132		
3	<i>Coscinodiscus</i> sp.	8580	<i>Eurytemora pacifica</i>	180
	<i>Navicula viridis</i>	4290	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Nitzschia obtusa</i>		(nauplius)	90
	var. <i>scalpelliformis</i>	1122	<i>Acartia</i> (nauplius)	60
	<i>Chroococcus dispersus</i>	528	<i>Acartia clausi</i>	30
	<i>Chroococcus turgidus</i>	396	<i>Calanus helgolandicus</i>	30
	<i>Pleurosigma angulatum</i>	363		
	<i>Pleurosigma affinis</i>	264		
4	<i>Anabaena</i> sp.	99		
	<i>Chaetoceros muelleri</i>	1246200	<i>Brachionus urceolaris</i>	530
	<i>Cryptomonas erasa</i>	954320	<i>Acartia</i> (nauplius)	200
	<i>Chroococcus turgidus</i>	780	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Navicula viridis</i>	1200	(nauplius)	180
	<i>Nostoc linckia</i>	872	<i>Acartia clausi</i>	40
	<i>Nitzschia ricta</i>	324	<i>Eurytemora pacifica</i>	30
5			<i>Tisbe</i> sp.	20
	<i>Chaetoceros muelleri</i>	127300	<i>Brachionus urceolaris</i>	7110
	<i>Cryptomonas erosa</i>	243600	<i>Eurytemora pacifica</i>	1980
	<i>Navicula falaisiensis</i>	1782	<i>Acartia</i> (nauplius)	600
	<i>Navicula cancellata</i>	1419	<i>Tisbe</i> sp.	60
	<i>Schroederia setigera</i>	1056		
	<i>Nitzschia ricta</i>	924		

表十二、 6月30日宜蘭各蝦池的主要浮游動物

蝦池	浮游植物	數量(no/1)	浮游動物	數量(no/1)
1	<i>Cyclotella</i> sp.	316800	<i>Brachionus plicatilis</i>	120
	<i>Schroederia setigera</i>	2640	<i>Eurtemora pacifica</i>	
	<i>Nitzschia clausii</i>	1980	(nauplius)	120
	<i>Navicula</i> sp.	660	<i>Acartia clausi</i>	60
			<i>Penilia schmackeri</i>	30
2	<i>Cyclotella</i> sp.	112870	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Coscinodiscus lineatus</i>	1056	(nauplius)	990
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	858	<i>Brachionus plicatilis</i>	30
	<i>Coscinodiscus sub-buliens</i>	594	<i>Calanus helgolandicus</i>	30
	<i>Diploneis splendida</i>	396		
3	<i>Microcystis</i> sp.	3424800	<i>Hexarthra (pedalia) mira</i>	840
	<i>Merismopedia convoluta</i>	2121600	<i>Eurtemora pacifica</i>	
	<i>Westella botryoides</i>	2025480	(nauplius)	90
	<i>Chaetoceros muelleri</i>	172960	<i>Brachionus plicatilis</i>	60
	<i>Crucigenia quadrata</i>	145860	<i>Acartia clausi</i>	30
	<i>Chroococcus minutus</i>	102960		
	<i>Schroederia setigera</i>	77220		
	<i>Scenedesmus quadrispinia</i>	34320		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	7220		
	<i>Skeletolema costatum</i>	396		
	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	264		
	<i>Planctonema lauterbornii</i>	198		
4	<i>Cyclotella</i> sp.	1154010	<i>Eurytemora pacifica</i>	930
	<i>Nitzschia clausii</i>	2640	(nauplius)	
	<i>Schroederia setigera</i>	1650	<i>Acartia clarsi</i>	210
	<i>Selenastrum minutum</i>	1122	<i>Keratella cruciformis</i>	150
	<i>Gomphonema</i>	594	<i>Calanus hegolandicus</i>	60
	sphaerophorum		<i>Brachionus calciflorus</i>	30
	<i>Pleurosigma angulatum</i>	462	<i>Penilla schmackeri</i>	30
	var. <i>steigosa</i>			
5	<i>Cyclotella</i> sp.	17160	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1056	(nauplius)	450
	<i>Nitzschia frustulum</i>		<i>Polychueta (trochophora)</i>	30
	var. <i>perpucilla</i>	495		

表十三、 8月18日宜蘭各蝦池的主要浮游動植物

蝦池	浮游植物	數量(no/1)	浮游動物	數量(no/1)
1	<i>Chlorella vulgaris</i>	437580	<i>Hexarthra</i> (<i>Pedalia</i>) <i>mira</i>	5970
	<i>Chroococcus minutus</i>	313170	<i>Acartia clausi</i>	420
	<i>Westella botryoides</i>	105930	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	48510	(nauplius)	360
	<i>Nitzschia</i> sp.	759	<i>Brachionus urceolaris</i>	90
	<i>Oscillatoria tenuis</i>	330		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	264		
	<i>Anabaena menderi</i>	165		
2	<i>Microcystis aeruginosa</i>	2241700	<i>Brachionus urceolaris</i>	7710
	<i>Chroococcus minutus</i>	373230	<i>Polychaeta</i> (<i>trochophora</i>)	60
	<i>Westella botryoides</i>	231660	<i>Tisbe</i> sp.	30
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	8580		
	<i>Oscillatoria formosa</i>	693		
	<i>Anabaena menderi</i>	594		
3	<i>Chroococcus microporum</i>	235950	<i>Hexarthra</i> (<i>Pedalia</i>) <i>mira</i>	4470
	<i>Westella botryoides</i>	94380	<i>Brachionus urceolaris</i>	1140
	<i>Cyclotella</i> sp.	34320	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Merismopedia convoluta</i>	21450	(nauplius)	180
	<i>Schroederia setigera</i>	8580	<i>Acartia clausi</i>	120
	<i>Nitzschia</i> sp.	1848	<i>Calanus helgolandicus</i>	30
	<i>Navicula</i> sp.	1419	<i>Podon polyhemoides</i>	30
	<i>Coelastrum microporum</i>	660		
4	<i>Chlorella vulgaris</i>	1767480	<i>Hexarthra</i> (<i>Pedalia</i>) <i>mira</i>	2400
	<i>Cyclotella</i> sp.	180180	<i>Eurytemora pacifica</i>	
	<i>Chroococcus minutes</i>	13596	(nauplius)	660
	<i>Nitzschia</i> sp.	2374	<i>Acartia clausi</i>	540
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	396	<i>Brachionus urceolaris</i>	240
	<i>Synedra</i> sp.	132	<i>Calanus helgolandicus</i>	150
5	<i>Nitzschia</i> sp.	523800	<i>Brachionus urceolaris</i>	930
	<i>Schroederia setigera</i>	21450	<i>Acartia</i> (nauplius)	120
	<i>Amphiprora alata</i>	1485	<i>Tisbe</i> sp.	60
	<i>Oscillatoria</i> sp.	990		
	<i>Planctonema lauterbornii</i>	759		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	396		