

# 養蝦池水再利用與水循環系統

陳建初\*

## 摘 要

由於種苗大量生產技術之突破,土地價格之上揚,有限之養殖面積,國際市場蝦之需求以及野心之養蝦業者,養蝦已由以往之粗放式,逐漸改變成集約式養殖,而且放養密度也逐漸增加,雖然增加放養密度,可以增加單位面積生產量,但也造成養殖過程中之冒險性。

由於一般業者均認為草蝦養殖於半鹹水中成長比較快,養殖區侷限於有淡水水源之海邊,養殖過程為了防止鹽度之上昇及水質之惡化,常追加淡水,過度之引用地下淡水卻造成地層下陷,地下水雖比較沒有污染之顧慮,但部份地區之地下水常因鐵、錳含量較多,不易“做水”,此外由於蝦之排泄以及殘餌,水中氮的累積隨著養殖天數增加,造成池中氮的過度負荷及自家污染。

過去許多研究顯現,在一擄獲之環境(Captive environment)下要防止水質惡化,防止水中緊迫因子出現或增加為養殖之先決條件。為了減少氮的負荷,以及改善用水資源,混養(Polyculture)或完整養殖(Integrated culture)之觀念應再重新考慮,如與文蛤、西施舌等貝類之混養;或與虱目魚、紅蟳等之混養;或與龍鬚菜等之混養;或將養蝦用水於排放前抽到他池,做為貝類養殖;或將收成後池中累積之有機污泥,做為農作之肥料。一方面減少資源之浪費,一方面減少環境惡化影響蝦之正常生長。

將草蝦幼苗分別於循環式(Recirculation system)及半止水式(Semi-static system)系統中培育,發現在循環式系統下,水中之總氨-氮,未解離氨-氮,亞硝酸-氮,化學氧需求量,正磷酸-磷,總磷等較半止水式者為低。在兩個系統下養殖之蝦體重雖沒有差異,但是活存率則顯然以在循環式系統者為高。由於蝦苗一般均養在半止水式之水泥池內,為了防止水質之惡化要經常換水,如果能在傳統之蝦池內再稍做修改,闢為循環式系統,當可提昇蝦苗之活存與健康。

養蝦逐漸改為集約式或超集約式,相對地池子之面積也變小,池子之構造也比較好,將來除了水車或其他打氣設施之作用外,配合池子之小型化,池子加蓋,防止天候引起鹽度與pH之急遽變化,並闢為循環過濾,當可節約用水,防止地層下陷,又可減少抽取未處理過的海水或他池之排水所帶來傳染病源之可能性,監視水質,減少固形物產生,生物過濾,淨化水質,當指日可待。

關鍵詞:水再利用,循環,養殖。

## 前 言

蝦類繁養殖已逐漸走向集約式,蝦之生產幾乎全賴於人工飼料。在養殖過程中,池中有機物質逐漸累積,包括未攝食之飼料,池中浮游生物等之屍體及有機排泄物,此等物質在水中受到分解,產

\* 國立臺灣海洋大學 水產養殖學系(所)

生氮。另外,養殖生物所吸收之食物在體內代謝後排出氮,氮經由硝化作用轉變成亞硝酸及硝酸。在一集約式草蝦養殖池中氮-氮,亞硝酸-氮與硝酸-氮在繁殖場與養成池中分別增加至0.81,0.08與0.12mg/ℓ以及6.50,0.15與4.61mg/ℓ<sup>(1,2)</sup>。

水質之管理與控制在養蝦中非常重要,一般有經驗之業者在養殖過程中換水或添加淡水以避免水質惡化以及鹽度之上昇,但是過度抽取地下水卻造成地層下陷,據估計在一養殖密度為15-27 PL/m<sup>2</sup>,生產1公斤之蝦需要6-25 ton的水<sup>(3)</sup>。另外Chen與Liu<sup>(4)</sup>也指出,在一集約式(Intensive)系統下,如以每星期30%的換水量來計算,生產1kg的草蝦與紅尾蝦至少需要8 ton的水。

以養殖生產之模式來看,由過去之粗放式(Extensive)改為集約式<sup>(5)</sup>,即由過去(1970年代)草蝦與虱目魚、鱒之混養粗放方式,放養密度每公頃低於5千尾之情形,改為每公頃放養10萬,20萬甚至超過百萬,混養已變成單養(Monoculture)。雖然增加放養密度可以增加單位面積之生產量,卻造成水質惡化、有機污泥增加、地層下陷、傳染病甚至造成蝦大量死亡。以用水之模式來看已由止水式(Static system)改為半止水式甚至流水式(Flow-through system),本篇即討論養殖池水之再利用以及利用循環系統養蝦之理論與實際應用。

## 養蝦形式與生產

臺灣之蝦類養殖於1975年以前均為粗放式,與虱目魚、鱒及龍鬚菜等混養,每公頃草蝦之生產量約為670kg<sup>(6)</sup>。1969年草蝦人工繁殖成功以來,其生產逐漸變成單養,產量也提高,每公頃之生產量由700kg增加到21 ton不等<sup>(2,7-9)</sup>。Chiang與Liao<sup>(10)</sup>將草蝦養殖分成粗放式,半集約式(Semi-intensive)及集約式,其放養密度分別小於10PL/m<sup>2</sup>,10-30PL/m<sup>2</sup>及大於30PL/m<sup>2</sup>,單位面積生產量為1061kg/ha,5648 kg/ha,及8388 kg/ha。在一放養密度大於70PL/m<sup>2</sup>下養殖草蝦,投以人工飼料與下雜魚或單獨投以人工飼料之飼養結果,單位面積之生產量為10-21 ton/ha<sup>(2,5)</sup>,草蝦已逐步朝向集約式養殖,隨著放養密度之提高,單位面積之生產量亦隨之提高。但如將集約式養蝦下之各項因子做統計整理,可以得到一連串之關係<sup>(5)</sup>。

1. 放養密度與單位面積生產量以及每天之單位面積生產量呈直線迴歸。
2. 養蝦池之大小與放養密度,單位面積之生產量以及每天之單位面積生產量呈負指數迴歸。
3. 在一超高密度之養蝦池中,活存率與投餵量以及生產量呈直線迴歸。
4. 活存率與單位面積生產量呈直線相關。
5. 平均收成大小與放養天數以及池子大小沒有相關。
6. 在一定放養密度內放養密度與活存率沒有相關。
7. 如果池子面積在0.2-0.8ha之間,池子面積愈大,飼料之投餵量與活存率有愈高的趨勢。
8. 如果池子面積在0.8-1.6ha之間,池子面積愈大,飼料之投餵量與活存率有愈低的傾向。
9. 飼料轉換率於比較小的池子較大,比較大的池子較小。
10. 在比較大之池子,活存率減少,歸因於飼料之投餵不足。

## 養蝦與用水

養蝦不論在幼苗培育或成蝦之養成,常需用大量的水,在繁殖場之幼苗培育中,投以矽藻以及豐年蝦之無節幼蟲,一般培育21天左右;換水3-5次,每次換水1/3<sup>(11)</sup>;蝦苗在受精卵孵化後由無節幼蟲變態至後期幼蟲之平均活存率低於20%<sup>(11)</sup>。Chen<sup>(12)</sup>曾指出0.1ppm鎘會引起蝦死亡,Chen et al.<sup>(11)</sup>亦發現蝦苗之活存率與繁殖池之平均亞硝酸濃度呈負指數迴歸關係,因此除了重金屬外,草

蝦苗培育時宜視氨、亞硝酸以及 pH 之變化。爲了防止水質惡化,業者常需換水,平均每日生產 100 尾蝦苗需消耗 10—15ton 的水;換水不僅費時費力,而且往往因換水不當更造成蝦之緊迫 (Stress) 而致死。

在草蝦與紅尾蝦之養成當中,一般每星期換水量 10—90%,平均 30%,即平均每生產 1 公斤的草蝦與紅尾蝦約需要 8ton 的水<sup>(4)</sup>,Hsu et al.<sup>(3)</sup>曾指出在放養密度 15—27PL/m<sup>3</sup> 之半集約式養殖下,每生產 1kg 的草蝦需要 6—25ton 的水。草蝦之養成已知在半鹹水時成長較好<sup>(13~15)</sup>,有些業者在養殖過程中鹽度逐漸調整降低<sup>(16)</sup>,有些逐漸調整提高<sup>(2)</sup>,均得到良好之成效,不同鹽度對於草蝦之成長,活存率以及外觀體色之影響有待進一步之研究。

## 養蝦與水質因子變化

在一集約式草蝦之養殖中,鹽度由 19.5ppt 上升到 26.5ppt,pH 由 8.18 下降到 7.43,溶氧由 8.25 mg/ℓ 下降到 4.66mg/ℓ,氨—氮由 0.15mg/ℓ 上升至 6.50mg/ℓ,未解離氨—氮由 0.002mg/ℓ 上升至 0.15mg/ℓ,亞硝酸—氮由 0.015mg/ℓ 上升至 4.61mg/ℓ,硝酸—氮由 0.018mg/ℓ 上升至 0.52mg/ℓ<sup>(2)</sup>。

在一集約式紅尾蝦之養殖中,鹽度由 18.5 ppt 上升到 21.0 ppt, pH 由 8.12 下降到 7.32,溶氧由 7.34mg/ℓ 下降到 3.47mg/ℓ,氨—氮由 0.022mg/ℓ 上升至 46.11mg/ℓ,未解離氨—氮由 0.002 mg/ℓ 上升至 0.869mg/ℓ,亞硝酸—氮由 0.013mg/ℓ 上升至 0.92mg/ℓ,硝酸—氮由 0.021mg/ℓ 上升至 1.8mg/ℓ<sup>(17)</sup>。

在一半止水式之草蝦養成當中,鹽度由 27ppt 下降到 18ppt,pH 由 8.55 下降到 7.60,氨—氮增加至 5.0mg/ℓ,在一半止水式之紅尾蝦養成當中,鹽度由 31.5ppt 下降到 19.5ppt,pH 由 8.63 下降到 7.57,氨—氮與亞硝酸—氮分別上升至 6.0mg/ℓ 及 2.0mg/ℓ<sup>(16)</sup>。

## 蝦池水氮之負荷

一般水中氮之來源來自於空氣、施肥、水之供應、飼料投餵、水中生物氮之排泄以及土壤之釋出。在上一節已提到,在一集約式草蝦養成池中,水中之總無機氮由 0.048mg/ℓ 增加至 8.462 mg/ℓ。水域體積爲 5460m<sup>3</sup> 之水,養殖開始時總無機氮量爲 262 g,養殖期間總共用水量爲 46410 ton,如不計算來自於空氣中的氮氣,來自於水中無機氮之總量爲 2.15kg,平均每隻蝦由 0.03 g 養至 24 g,養殖期間 177 天,因此在蝦體內氮之增加爲 195.14kg,投餵到蝦池之飼料與下雜魚如以氮來表現相當於 985.79kg,減去蝦體內氮增加量,則最後殘留在水中之氮量爲 792.80kg,投到池子飼料含氮之 80.2% 未受到蝦利用最後殘留在水中<sup>(4)</sup>。另外一般在蝦收成後,池底會累積一層相當厚之有機污泥。其內容包括殘餌,排泄物,動植物屍體之分解物等。此等物質需要去除,但是有許多業者只將污泥用推土機推到兩旁做成堤防,因此一旦注水後,累積在泥中之氮,有機物質及毒性物質會再析出,更造成池子氮之過度負荷。

## 蝦類集約式養殖之優劣

蝦類集約式養殖即增加放養密度與加深池水之深度,同時增加水車之數目,在此一情況下可增加單位面積之生產量,但是池子之結構要比較精緻,水泥建築,進水與排水系統較好。水車之數目增

加,硬體之成本增加。另外由於放養密度增加,在比較小之池子內水質容易惡化,因此需要經常換水,過度使用地下水會導致地層下陷,如果取用海邊或河川的水,未經處理,則又容易帶來病原菌之感染,威脅養殖蝦之生存,導致死亡。Chen 與 Wang<sup>(16)</sup>指出將傳統式之虱目魚池改建成為 1.0—1.5ton 之池子,以 23—27PL/m<sup>2</sup> 及 48—52PL/m<sup>2</sup> 分別放養草蝦與紅尾蝦,在養殖期間不換水,僅添加淡水以防止鹽度上昇,單位面積之生產量分別為 5500 kg/ha 及 4695 kg/ha,此也暗示在不換水之情況,同樣可以養得很好,在此一半止水式養蝦之成效雖沒有高密度集約式養成那麼好,但比在池子為 1.2 及 1.5ha,放養密度為 33 及 21 PL/m<sup>2</sup> 所得到 2740kg 及 2864kg 之生產量高出許多<sup>(5)</sup>;也比在印度,菲律賓及美國所得到的集約式之養蝦產量高出許多<sup>(18~23)</sup>。

## 養蝦池水之自家污染

養蝦池水在養殖過程中,懸浮固體,氨—氮,亞硝酸—氮,硝酸—氮,生化需氧量,磷酸—磷等濃度均隨養殖時間之增加而增加,浮游生物與生產力也跟著增加,由於硝化作用與光合作用產生氫離子及二氧化碳,造成 pH 緩緩下降,Wickins<sup>(24)</sup>指出pH如果不致於下降到 6.45,對於蝦應無大礙;但 Chen與Sheu<sup>(25)</sup>在斑節蝦後期幼苗曝露於不同pH與氨濃度之實驗中指出,pH 在 6.50,在一定氨濃度中,LT50(死亡一半之時間)比在同一氨濃度但 pH 在 7.4 及 8.2 時之毒性強,但比pH 在 8.9 稍弱,因此 pH 之維持仍不可忽視。業者經常將養殖水排放,引進新的水源,以確保水質,由於大多數之蝦養成池進水與排水系統不理想,甲池所排放的水進入排水溝,尙未排放到外海時,已成為乙池進水的水源,排水不合乎排放水基準,海域生態受到污染,屏東東港大鵬灣即是很好的例子。

## 養殖用原水之簡易處理

Chen et al.<sup>(11,26)</sup>調查沿岸海水與取自埋在沙層下之海水的水質,發現除了錳外,氨、亞硝酸以及重金屬均以地下海水為低。過去之研究已瞭解,經過過濾層過濾的海水比直接取自海邊的海水,較未受到污染以及病原之感染。草蝦養成池所用之地下水往往含有高濃度之鐵、錳,因此不易做水,部分地區之地下水則含高濃度氨,氮氣過多,氧氣不足,因此如果將地下水或海水先經過儲水池曝氣、沈澱之處理,一方面可以將有害重金屬凝集沈澱下來,一方面可以去除地下水中過多之二氧化碳及氮氣,補充氧氣之不足,同時又可以降低氨與硫化氫等有害物質的濃度。如果用水量少時,則可經過快沙過濾(Rapid sand filter)或矽藻土過濾(Diatomaceous earth filter)處理。

## 養蝦池水之再利用

養蝦池水中無機氮、磷隨著養殖天數而增高,水中殘留之有機物質也日益增加,在養殖末期,池水之中央會累積一層厚厚之污泥,一般收成後,將此污泥取出,再經曬池、撒石灰、注水、做水、放養等收成後與放養前之整理過程。只是目前對於污泥之處理不當,任意丟棄,或者用推土機推到兩旁做成堤防,一旦再注水後,污泥所累積之有機物質及污染物質則又析出,影響養蝦之成敗。有許多業者將黑殼苗放養在養成池數週內即逐漸死亡,究其原因除了品種外,當與養殖環境有關。為了水之再利用與處理養蝦池水及固形物質,完整養殖與混養可以再重新考慮。

### 1、混養：

- (1) 蝦與文蛤、西施舌等之混養。

(2) 蝦與虱目魚、蟳等之混養。

(3) 蝦與龍鬚菜、虱目魚等之混養。

## 2、完整養殖：

(1) 另闢養貝池,引用蝦池水養殖文蛤、西施舌或牡蠣等。

(2) 另闢養藻池,引用蝦池水養殖龍鬚菜,收成之龍鬚菜可以再養九孔。

在養蝦池旁邊另闢一池做爲文蛤、西施舌等之養殖,取用蝦池排放出來的水源,貝類養成池之水深較淺,維持 10—30cm,以貝類之濾食行爲來去除養蝦水中的浮游生物,每日兩次取蝦池水進入貝類池,經過 6—8 小時,再將貝類池水送回原來之養蝦池。

## 3、有機污泥之利用：

集約式養殖收成時,池子之中間底部會累積多量之有機污泥,此等污泥含相當多量之氮、磷,可考慮將此底泥用於農作如大甲草或蓮霧等之施肥。

## 有機污泥之防止

養蝦池中隨著養殖期間,有機污泥的量會增加,爲了要防止污泥之增加,可以分幾點來說明。

### 1、投餵：

一般蝦子之攝食不如鰻魚那樣集體爭食。蝦子每次只抱著一顆飼料,吃完以後再去吃第二顆,而且食物在數小時即消化完畢,因此宜考慮少量多餐,儘量減少殘餌。

### 2、飼料轉換效率：

目前之飼料轉換效率由 1:2 到 1:1.5 不等,但是蝦體與飼料之水份分別爲 78% 與 10%,差異很大,根據過去之研究,魚蝦對於飼料之利用率以氮來看的話,飼料中之氮有 70—80% 未受到利用,最後仍殘留在水中<sup>(4)</sup>。

### 3、水車與其他打氣方式之運用：

水車用在養蝦池不僅能提供適當之水流,又可調整水中之氣體,使得空氣中氣體壓力與水中之氣體分壓保持平衡,補充氧與二氧化碳,促進光合作用之進行。在集約式養殖當中,到了養殖末期,溶氧會呈現不足現象,再加以有機物質之逐漸累積,底水層會因溶氧不足而呈現還原現象,因此宜增加水車之動作,以送風式打氣機來補充氧氣,另外由於空氣中含 78% 氮氣,其餘爲二氧化碳及氫等氣體,因此打氣時,水中不僅氧氣增加,氮氣也隨之增加。水中生物消耗氧但不消耗氮,水中氮之分壓增加,造成緊迫因子增加,因此將來可考慮將純氧利用於養殖上。

### 4、有機物質分解酵素與細菌之利用：

殘留之有機物質分解需要藉著好氣性微生物之分解,另外如果利用蛋白質分解酵素、碳水化合物分解酵素或脂肪分解酵素,可以加速將殘留有機物質分解,使它變成分子比較小之有機酸或無機物質,此等酵素之分解過程不論在有氧或缺氧下均可進行,因此比較不消耗氧,有機物質之分解最後變成氨,氨受到硝化作用轉變成爲亞硝酸與硝酸。但宜注意水中一些因子會影響硝化作用。藥物也會影響硝化作用之進行<sup>(27)</sup>,因此在使用時宜避免藥物之使用。

## 水族缸設計

水族缸如果蓄滿了水,將魚蝦飼育在裡面。水質大概在幾天內就起了變化,水變混濁,接著魚蝦死亡。一般魚蝦在一擄獲之環境下,自不能如在天然環境中那樣稱心如意,水質容易惡化。水族缸鋪以砂石,打氣,以達到過濾之方式,不外乎用 air lift 之原理,air lift 可設在水族缸之上面,底部或

側面,利用 air lift 以達到過濾及淨化之目的。比較大型之水槽利用排水管之控制,將污泥或糞便排出,同時控制水流以達到供氧與水流之目的,防止水溫成層之產生<sup>(28)</sup>。另外可將養殖池、機械性固體分離槽及生物過濾池等單元分開以達到首先去除水中殘餌、糞便,然後再由生物過濾之方式以好氣性之分解氧化有機物質產生無機物質之目的。在此一系統內,基本上包括四種步驟,首先為1)沉澱或機械性過濾,將水中比較大的固形物利用過濾的方式過濾;其次為2)生物過濾,可以有二個作用,第一個作用為礦質化 (Mineralization),即有機物質分解產生氨與二氧化碳等之作用,其次為硝化作用 (Nitrification),利用硝化細菌 *Nitrosomonas* 與 *Nitrobacter* 將氨氧化成亞硝酸及硝酸。所有之過濾材包括尼龍網、陶石、木炭、碎石、珊瑚石、沙子以及其他具有多孔性之合成物質。其次之過程為3)打氣,此過程有供氧之作用,帶動氣泡,去除二氧化碳,並可防止水中氣體過多。最後一個過程為4)水循環,此一過程可防止水溫成層之發生,並且造成水流。

## 循環式系統

在一缸內或一圓桶內鋪以沙石可達到淨化水質之目的,但放養密度有限,只能做為蓄養之用。如此做為商業用生產目的時,由於投餌與排泄之關係,因此需將水之淨化組合分開來,基本上循環式系統可以分成 5 個主要部份 (Fig.1),分別為 1)飼養槽; 2)沈澱槽; 3)生物過濾; 4)儲水槽; 5)沈水馬達。水流過沈澱過濾槽時,大型固體物先行沈澱下來,水經過生物過濾,經過儲水槽,然後再用馬達將水送回飼養槽,其各部份之作用與特徵見 Table 1。

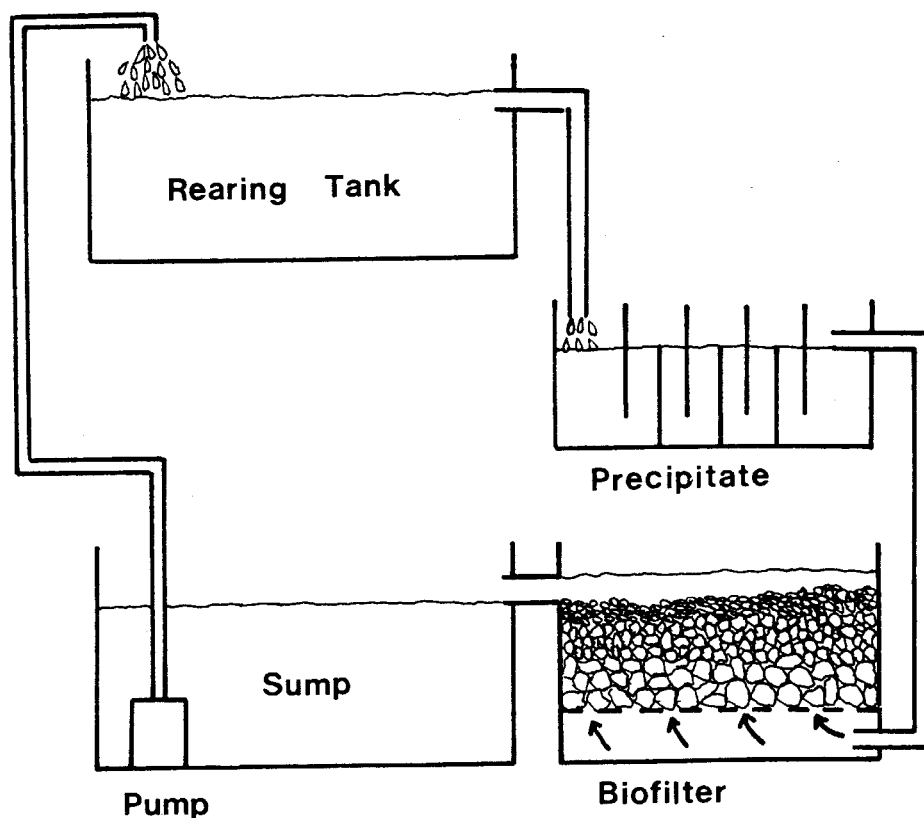


Fig.1 A schematic design for a recirculation system

傳統式養殖之缺點最主要在養殖過程中,溶氧之下降,以及氨、亞硝酸等有害因子之產生。爲了防止水質惡化,需要經常換水,但地下水常常含有鐵、錳及氨。使用河川水則會受到河川污染之干擾。利用循環式最主要之優點,在於免於天然水污染之威脅,使用水量少,又可避免地層下陷 (Table 2)。

Table 1 Major components of a recirculation system

Function	Characteristics
Culture tank	Provide for holding and culturing
Screen & Precipitate	Capture debris, prevent clogging
Biological Filters	Capture solids, degrade dissolved waste, remove ammonia and nitrite
Sump	Provide make-up water, provide water for pump intake
Pump	Provide circulation and aeration of system water

Table 2 Advantages and disadvantages of a flow-through system and a recirculation system

Description	Advantages	Disadvantages
Flow-through system : saltwater is continually flushed	1. Low capital cost 2. Simple operation	1. Large quantities of water required 2. High quality source water required 3. Sensitive to water quality changes 4. Environment pollution 5. Ground depression
Recirculation system : saltwater is filtered and reused	1. Water quality reliable 2. Under complete control 3. Low waste use 4. Little or no discharge	1. High capital costs 2. Intensive water management required

## 循環式系統之實際應用

Chen, et al.<sup>(29)</sup> 曾將蝦苗分別培育於半止水式與循環式系統,結果發現,氨-氮、未解離氨-氮、亞硝酸-氮、生化需氧量、正磷酸-磷、總磷均以循環系統較半止水式系統者爲低,蝦子之體重雖然在兩個系統內沒什麼差異,但蝦苗之活存率則以在循環系統者較高。在此一過程中首先水流經有四個直板隔開之 head chamber,水流過時一方面比較重之固形物沈澱在 head chamber 之底部,然後水流經過濾器,此過濾器分成三層,每層 9cm 高,最下層由 6.5×8.0cm 之小石頭所組成,中間一層爲 3.5×6.0cm 之木炭,最上層由 0.2×0.4cm 之珊瑚沙所組成,每一層由尼龍網隔開,水經過此過濾系統流到下面之儲水池,然后再由沈水馬達送回養殖水槽內,水之流速爲 20 l/min。

Hirayama<sup>(30)</sup> 指出新的過濾床內硝化細菌有限,不足以有充份之淨化效果; Collins et al.<sup>(31)</sup> 曾研究以生物過濾方式養殖鯰魚時,細菌數與水質化學之關係,指出硝化細菌需要花 33 天才可建立起來,另外在一海水過濾系統培育甲殼類,硝化作用一般需要 50-60 天才可建立起來<sup>(30,32)</sup>。

水溫、pH、鹽度與毒性物質皆會影響硝化作用<sup>(33)</sup>。Kawai et al.<sup>(34)</sup> 發現海水硝化細菌之作

用以水溫 30–35°C 最好,但淡水硝化細菌之作用則以水溫在 30°C 最好。Carlucci and Strickland<sup>(35)</sup>指出硝化細菌在水溫 5°C 培育 3–4 個月,硝化作用也不會進行。Kawai et al.<sup>(34)</sup>指出海水硝化作用之適當 pH 為 9; 但 Srna and Baggaley<sup>(36)</sup>則認為適當之 pH 為 7–8.2。Higgins and Burns<sup>(37)</sup>指出 pH 7–9 為硝化作用中氨轉變成亞硝酸之適當 pH, pH 5–8 為硝化作用中亞硝酸轉變成硝酸之適當 pH。Forster<sup>(38)</sup>發現在一海水過濾系統內溶氧低到 0.6–0.7 mg/ℓ 時,硝化作用會受到抑制。Collins et al.<sup>(39)</sup>指出 Chloramphenicol、Nifurpirinol 及高錳酸鉀會影響硝化作用; Bower and Turner<sup>(27)</sup>也指出 0.3mg/ℓ 之銅將會影響氨的氧化作用。

接觸面積之多寡也影響硝化細菌之增殖<sup>(33)</sup>。水中有粒狀物質可以增加硝化作用之速率<sup>(40)</sup>。草蝦幼苗之培育傳統上均將受精卵放在長方形之水泥池內,每一平方公尺放置四顆氣泡石打氣,由蝦苗孵化變態到後期幼蟲第 10–12 天為止,需 20–25 天,因此在此一短暫時間內繁殖池內很難達到 conditioned。基於過去有關循環系統生物過濾之研究<sup>(41,42)</sup>以及我們之研究,可在傳統式之蝦苗培育池內加設生物過濾系統,當水流經此過濾系統內時,水池內蝦苗所排泄的氨當很迅速地受到氧化變成硝酸,而且此一系統也不干擾到蝦苗飼料之投餵以及蝦苗之收成。此一系統又可應用到過度抽用地下水之養成池。

## 循環式系統之水質條件

Chen<sup>(43)</sup>曾探討草蝦養殖之水質,並對於各種重金屬及農藥對蝦之影響及其安全濃度做過討論。比較重要水質因子及其對養蝦之影響見 Table 3。

水溫: Chen<sup>(43)</sup>指出水溫 28–33°C 為草蝦飼育之最適水溫。

pH: Chen<sup>(43)</sup>指出 pH 8.0–8.5 為草蝦飼育之最適 pH。循環式系統內 pH 對草蝦之影響見 Table 4。

鹽度: Valencia<sup>(13)</sup>指出草蝦於鹽度 30ppt 活存率最好,但在 10ppt 成長最快。Catedral et al.<sup>(14)</sup>指出草蝦後期幼蟲於鹽度 9–12ppt 成長最好; Chen<sup>(15)</sup>指出草蝦後期幼蟲之成長以 5–25ppt 優於 30–40ppt; Chen<sup>(43)</sup>認為 15–25ppt 為草蝦飼育之最適鹽度範圍,但鹽度之變化影響水中因子及草蝦成長與活存尚不明瞭。

溶氧: 氧之溶解度與壓力、水溫及鹽度有關。於 35ppt,水溫 30°C 及一大氣壓下,水中溶氧飽和度在 6.21mg/ℓ。水中氧之多寡會影響到魚類之成長、攝餌、呼吸及生存。Melancon 與 Avault<sup>(44)</sup>指出螯蝦 (1.2cm) 在溶氧量為 0.75–1.1mg/ℓ 下死亡率會顯著增加。Liao<sup>(45)</sup>在其對於斑節蝦養殖實驗中,認為溶氧應該在 6mg/ℓ 以上。生物過濾槽中如果溶氧太低,則硝化作用會受到抑制,因此溶氧量至少宜在 2.0mg/ℓ 以上。草蝦在養殖過程中溶氧會下降到 4.66mg/ℓ<sup>(2)</sup>, Liao and Huang<sup>(46)</sup>以及 Chen<sup>(43)</sup>指出當溶氧下降到 3.8–4.0mg/ℓ 時,草蝦後期幼蟲之氧消耗率下降; Liao and Murai<sup>(47)</sup>指出在溶氧 3.0–4.0mg/ℓ 時,草蝦之呼吸速率是一樣。Chen<sup>(43)</sup>指出溶氧低於 3.7mg/ℓ 會影響草蝦之生存。溶氧對循環系統之影響見 Table 5。

氨: 氨可分為未解離氨 (NH<sub>3</sub>) 及解離氨 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 兩者皆有毒性,只是一般皆認為前者之毒性較強,但最近之研究也發現解離氨在 pH 比較低的情形下毒性也相當高。有關氨對草蝦之毒性以氨在不同 pH 下對草蝦蝦苗之毒性已經有探討<sup>(48~50)</sup>, 氨對蝦苗培育之安全濃度見 Table 6。

亞硝酸: 有關亞硝酸對於蝦苗之毒性先後有 Jayasankar and Muthu<sup>(51)</sup>研究印度白蝦, Chen and Chin<sup>(52,49)</sup>研究草蝦。亞硝酸對蝦苗之安全濃度見 Table 6。

氮氣: 水中氮氣過多會引起冷水性魚類游泳之異常以及氣泡病。Brisson<sup>(53)</sup>也曾發現水中氣體過多會使蝦得氣泡病。

Table 3 Summary effects of several water parameters

Parameter	Effects
Salinity	Growth
Water temperature	Activity, Metabolism, Growth
Dissolved oxygen	Activity, Growth, Stamina Lactic acid build-up pH decrease in blood Urine changes Mucus production
Ammonia	Activity, Growth, Stamina Decreased excretion rate Increased oxygen consumption Tissue damage Ammonia increase in blood Osmoregulation
Nitrite	Oxygen transport Growth, Oxygen transport, Oxidation of hemoglobin Tissue damage
Carbon dioxide	Respiratory activity
Nitrogen gas	Gas bubble trauma Swimming ability decrease
Hydrogen sulfide	Growth Neurotoxic effect
Suspended solid	Erratic swimming behavior Mucus production Bacterial gill disease implicated

Table 4 Relationship between pH and culture environment<sup>(56)</sup>

pH range	Comment
9.0-10.0	Associated with algae blooms Un-ionized ammonia predominates Nitrifying bacteria inhibited Bicarbonates and metals precipitate
8.0-9.0	Ammonia toxicity can be a problem
7.0-8.0	Optimum range for recirculation system Nitrification process mildly inhibited
6.0-7.0	Ionized ammonia predominate Nitrifying bacteria severely inhibited

Table 5 The effect of oxygen on penaeid shrimp

Concentration ( mg / ℓ )	Impact
> 6	Safely support all system
5-6	Molting shrimp not affected
4-5	Molting shrimp may be affected Bacteria in filters not affected
3-4	Premolt shrimp may show signs of stress Bacterial performance below optimum
2-3	Molting mortality will increase Bacterial rates of waste conversion decline
< 2	Mortality rate increases Bacteria shut down Nitrite accumulates

二氧化碳：Smart et al.<sup>(54)</sup>發現虹鱔於二氧化碳濃度為 12-25mg/ℓ 之水中呼吸受阻,此現象也可能發生在蝦類,但尙未有數據證實。

硫化氫：硫化氫會影響游泳行爲及成長,濃度應維持在 0.01-0.4mg/ℓ 下。

Table 6 Safe level of water parameters for penaeid shrimps

Species	Parameter	Level (mg / ℓ)	Reference
<i>Penaeus monodon</i> larvae	NH <sub>3</sub> -H ammonia-N	0.10 1.15	Chin and Chan <sup>(48)</sup>
<i>P. indicus</i> larve	NH <sub>3</sub> -H ammonia-H	0.093 1.20	Jayasankar and Muthu <sup>(55)</sup>
<i>P. monodon</i> adolescents	NH <sub>3</sub> -H ammonia-N	0.08 4.26	Chen et al.(1990)
<i>P. monodon</i> larvae	nitrite-H	0.11	Chen and Chin <sup>(45)</sup>
<i>P. indicus</i> larvae	nitrite-N	0.18	Jayasankar and Muthu <sup>(51)</sup>

## 結 論

海水蝦養殖數十年來發展迅速,已由傳統之粗放與混養改成集約式或超集約式之單養方式。海水蝦之養殖在種苗培育,人工飼料配製之技術均有相當大之進步與突破,但在養成方面,如池子之設備,進排水系統以及池塘管理技術並沒有改善。

由於蝦類之集約式養殖,全賴於人工飼料之投餵,殘餌以及排泄帶來有機污泥之增加,同時常因池子本身自淨作用 ( Purification ) 不足,引起氮之過量及自家污染。

養殖過程中爲了防止水質惡化,鹽度上升,同時爲了維持在比較中低鹽度之水質,以期蝦成長較迅速,常大量換水,但過度之抽取地下水,不僅浪費水資源同時又造成地層下陷,此外水常因進排水管路不清,造成病原傳染。

爲了節約用水,宜使業者瞭解用水與淨化水質之概念,不適當水質之水宜先行儲水,經過沈澱,曝氣或過濾之簡易水處理。同時限定抽取地下水,於水源不足或水質不良地區,降低放養密度,同時考慮與文蛤、西施舌或與虱目魚、龍鬚菜、蟬之混養,或另闢養貝池或養藻池,將蝦池水注入養貝

或養藻池,再注回蝦池,充份利用水中之浮游生物,此外可利用曬池後之有機污泥做為農作物之肥料。

對於有機污泥產生之防止,除了減少放養密度,注意投餵方式外,可考慮中央排污或配合送風打氣或純氧之供給加速有機污泥之氧化分解,也可考慮用酵素與微生物之作用促進有機污泥之分解,此外池底鋪上防水布,配合中央排污或池底鋪以沙石對於池底之有機污泥之累積當有防治作用。

以循環式系統方式養殖蝦苗比傳統之半止水式系統養殖蝦苗的活存率好,水中之生化需氧量,氨-氮,亞硝酸-氮,正磷酸-磷等亦以循環式者較低。

循環系統養殖方式宜先行去除固體物,利用生物過濾法將溶解之有機物質礦質化,再利用硝化細菌將氨氧化轉變成硝酸。在此系統下水溫、溶氧量、pH,接觸面積以及毒性物質皆影響硝化作用之進行。除了上述幾項因子外,鹽度、氨、亞硝酸、硫化物、二氧化碳及氮氣皆影響蝦之成長,因此宜逐一瞭解養蝦之最適各項因子,將來實施循環系統養蝦時宜配合池子小型化,設備之更新,池子加蓋以防止天候所造成鹽度與 pH 之急變,控制水質因子以達到提高單位面積生產量及精緻養蝦之目的。

## 謝 辭

感謝行政院農業委員會數年來計畫之補助,並感謝漁業處袁柏偉處長、李健全博士、謝大文科長、石聖龍先生等之支持與鼓勵,得以有學習與完成一些研究成果的機會。另外也感謝農業委員會與省水產試驗所舉辦這次「養殖循環用水研討會」,得以使本篇報告完成並付梓。

## 參考文獻

1. Chen, J. C., T. S. Chin and C. K. Lee(1986). Effects of ammonia and nitrite on larval development of the shrimp (*Penaeus monodon*). In : J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos, eds. Proc. First Asian Fisheries Forum, p.657 - 662.
2. Chen, J. C., P.C. Liu, Y. T. Lin and C. K. Lee (1989 a). Highly - intensive culture study of tiger prawn (*Penaeus monodon*). In : N. De Pauw, E. Japsers, H. Ackefors and N. Wilkins, eds. Aquaculture - A Biotechnology in Progress. European Aquacul. Soc., Bredene, Belgium.
3. Hsu, Y. P., H. C. Chiang and C. M. Lin (1984). A survey on the water requirement of fish culture ponds in Taiwan. Agricultural Engineering Research Center. Chugli, Taiwan. AERC - 84RR11.
4. Chen, J. C. and P. C. Liu (1989). Feeding and loading of nitrogen in an intensive prawn culture pond. (Unpub.)
5. Chen, J. C., P. C. Liu and Y. T. Lin (1989 b). Culture of *Penaeus monodon* in an intensified system in Taiwan. Aquaculture, 77 : 319 - 328.
6. Chen, T. P. (Editor) (1976). Aquaculture practices in Taiwan. Fishing News Books Limited, Surrey, England, pp. 111 - 122.
7. Liao, I. C. (1981). Status and problems of grass prawn culture in Taiwan. Tungking Marine Laboratory, Conference Proc., 1 : 81 - 98.

8. Liao, I. C. and C. H. Lei (1983). Status of aquaculture in Taiwan. Presented at the 2nd Italy-ROC Seminar on New Aspects of Biotechnological and Biomedical Research, Saassari, Italy, 29 March - 7 April 1983.
9. Liao, I. C. and N. H. Chao (1983). Hatchery and grow-out : Penaeid prawns. In : J. P. McVey, Ed. CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1: Crustacean Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. p. 161 - 167.
10. Chiang, P. and I. C. Liao (1985). The practice of grass prawn (*Penaeus monodon*) in Taiwan from 1968 to 1984. J. World Maricul. Soc., 15 : 295 - 315.
11. Chen, J. C., Y. Y. Ting, H. Lin and T. C. Lian (1985). Heavy metal concentrations in sea water from grass prawn hatcheries and the coast of Taiwan. J. World Maricul. Soc., 16 : 316 - 332.
12. Chen, H. C. (1981). Studies on the mass mortality of larval grass shrimp *Penaeus monodon* in hatcheries. China Fish. Monthly, 348 : 15 - 24.
13. Valencia, M. C. (1976). The effect of salinity and temperature on the growth and survival of penaeid postlarvae. Phil. J. Fish., 14(1) : 1 - 22.
14. Catedral, F. F., R. Coloso, N. Valera, C. M. Casalmir and A. T. Quibuyen (1977). Effects of some physico-chemical on the survival and growth of *Penaeus monodon* postlarvae. Quarterly Research Report, Third Quarter, SEAFDEC, 1(3) : 13 - 16.
15. Chen, T. Y. (1984). Effects of salinity on the growth and survival of four species of *Penaeus* postlarvae. Master thesis, Marine Research Institute, National Taiwan University, pp. 55
16. Chen, J. C. and T. C. Wang (1990). Culture of tiger shrimp and red-tailed shrimp in a semi-static system. In: R. Hirano and I. Hanyu, eds. Proc. Second Asian Fish. Forum, p.77 - 80.
17. Chen, J. C., P. C. Liu, Y. T. Lin and C. K. Lee (1988). Super intensive culture of red-tailed shrimp *Penaeus penicillatus*. J. World Aquacul. Soc., 19 : 127 - 131.
18. Sundararaj, D., C. B. S. Victor and V. Venkatesan (1979). Monoculture of tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, in a brackish water pond at Madras, India. Aquaculture, 16 : 73 - 75.
19. Chakraborti, R. K., P. Ravichandran, D. D. Halder, S. K. Mandal. and D. Sanfui (1985). Some physico-chemical characteristics of Kakdwip brackishwater ponds and their influence on the survival, growth and production of *Penaeus monodon* (Fabricius). Indian J. Fish., 32(2) : 224 - 235.
20. Chakraborti, R. K., D. D. Halder, N. K. Das, S. K. Mandal and M. L. Bhowmik (1986). Growth of *Penaeus monodon* Fabricius under different environment conditions. Aquaculture, 51 : 189 - 194.
21. Liu, M. S. and V. J. Mancebo (1983). Pond culture of *Penaeus monodon* in the Philippines : survival, growth and yield using commercially formulated feed. J. World Maricul. Soc., 15 : 75 - 85.
22. Elam, L. L. and A. W. Green. (1974). Culture of white shrimp (*Penaeus setiferus* Linnaeus) in static water ponds. J. World Maricul. Soc., 5 : 87 - 97.
23. Parker, J. C., F. S. Conte, W. S. MacGrath and B. W. Miller (1974). An intensive culture system for penaeid shrimp. J. World Maricul. Soc., 5 : 65 - 79.

24. Wickins, J. F. (1976). The tolerance of warm-water prawn to recirculated water. *Aquaculture*, 9 : 19 – 37.
25. Chen J. C. and T. S. Sheu (1990). Effect of ammonia at different pH on *Penaeus japonicus* postlarvae. In: R. Hirano and I. Hanyu (eds.), Proc. Second Asian Fish. Forum, p. 61 – 64.
26. Chen, J. C., P. C. Liu and T. Z. Chin (1987). Nutrients in seawater from the coast and the prawn hatchery of Taiwan. Proc. Symposium on Marine Sciences, NSC Symposium Series, No. 10 : 211 – 224.
27. Bower, C. E. and D. T. Turner (1982). Effects of seven chemotherapeutic agents on nitrification in closed seawater culture systems. *Aquaculture*, 29 : 331 – 345.
28. Wickins, J. F. and M. M. Helm (1981). Sea water treatment. pp. 63 – 128. In : A. D. Hawkins, ed. *Aquarium Systems*, Academic Press, New York.
29. Chen, J. C., P. C. Liu and Y. T. Lin (1989 c). Larviculture of *Penaeus monodon* in a recirculation system with adding nitrifier and a semi-static system. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 16 (2) : 97 – 106.
30. Hirayama, K. (1974). Water control by filtration in closed systems. *Aquaculture*, 4 : 369 – 385.
31. Collins, M. T., J. B. Gratzek, E. B. Shotts, D. L. Dawe, L. M. Campbell and D. R. Senn (1975). Nitrification in an aquatic recirculation system. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32 : 2025 – 2031.
32. Kawai, A., Y. Yoshida and M. Kimata (1964). Biochemical studies on the bacteria in aquarium with circulating system. I. Changes of the qualities of breeding water and bacterial population of the aquarium during fish cultivation. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 30 : 55 – 62.
33. Spotte, S. (1979). *Fish and invertebrate culture : Water management in closed system*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York, N. Y., 179 pp.
34. Kawai, A., Y. Yoshida and M. Kimata (1965). Biochemical studies on the bacteria in aquarium with circulating system. II. Nitrifying activity of the filter sand. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 31 : 56 – 71.
35. Carlucci, A. F. and J. D. H. Strickland (1968). The isolation, purification and some kinetic studies of marine nitrifying bacteria. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 2 : 156 – 166.
36. Srna, R. F. and A. Baggaley (1975). Kinetic response and perturbed marine nitrification systems. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 47 : 472 – 486.
37. Higgins, I. J. and K. J. Burns (1975). *The chemistry and microbiology of pollution*. Academic Press, New York, 248 pp.
38. Forster, J. R. M. (1974). Studies on nitrification in marine biological filters. *Aquaculture*, 4 : 387 – 397.
39. Collins, M. T., J. B. Gratzek, D. L. Dawe and T. G. Nemetz (1976). Effects of antibacterial agents on nitrification in an aquatic recirculating system. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 : 215 – 218.
40. Kholdebarin, B. and J. J. Oertli (1977). Effects of suspended particles and their sizes on nitrification in surface water. *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, 49 : 1693 – 1697.
41. Manthe, D. P., R. F. Malone and S. Kumar (1984). Limiting factors associated with

- nitrification in closed blue crab shedding system. *Aquacultural Engineering*, 3 : 119 - 140.
42. Bower, C. E. and D. T. Turner (1981). Accelerated nitrification in new seawater culture systems : Effectiveness of commercial additives and seven media from established systems. *Aquaculture*, 24 : 1 - 9.
  43. Chen, H. C. (1985). Water quality criteria for farming the grass shrimps, *Penaeus monodon*. In : Y. Taki, J. H. Primavera and J. A. Llobrera, eds. Proc. of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns / Shrimps. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo. Philippines. p.165..
  44. Melancon, E. and J. Avault (1977). Oxygen tolerance of juvenile red swam crawfish, *Procambarus clarkii*. Proc. 2nd International Symposium on Freshwater Crayfish, Louisiana State University, Division of Continuing Education, Baton Rouge, Louisiana, USA., p.371 - 380.
  45. Liao, I. C. (1969). Study on the feeding of Kurma prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Tungkan Marine Laboratory, Collected Reprints (1969 - 71), Vol.1:17-24.
  46. Liao, I. C. and H. J. Huang (1975). Studies on the respiration of economic prawns in Taiwan. I. Oxygen consumption and lethal dissolved oxygen of eggs up to young prawn of *Penaeus monodon* Fabricius. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 4(1) : 33 - 50.
  47. Liao, I. C. and T. Murai (1986). Effects of dissolved oxygen, temperature and salinity on the oxygen consumption of the grass shrimp, *Penaeus monodon*. In J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos (eds.). Proc. First Asian Fish. Forum, p.641 - 646.
  48. Chin, T. S. and J. C. Chen (1987). Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 66 : 247 - 253.
  49. Chen, J. C. and T. S. Chin (1988 b). Joint action of ammonia and nitrite on tiger prawn *Penaeus monodon* postlarvae. *J. World Aquacul. Soc.*, 19 : 143 - 148.
  50. Chen, J. C. and T. S. Chin (1989). Effects of ammonia at different pH levels on *Penaeus monodon* postlarvae. *Asian Fish. Sci.*, 2(2):233-238
  51. Jayasankar, P. and M. S. Muthu (1983 b). Toxicity of nitrite to the larvae of *Penaeus indicus* (H. Milne Edwards). *Indian J. Fish.*, 30(2) : 1 - 12.
  52. Chen, J. C. and T. S. Chin (1988 a). Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon*, larvae. *Aquaculture*, 69 : 253 - 262.
  53. Brisson, S. (1985). Gas - bubble disease observed in pink shrimp, *Penaeus brasiliensis* and *Penaeus paulensis*. *Aquaculture*, 47 : 97 - 99.
  54. Smart, G. R., D. Knox, J. G. Hsrrison, J. A. Ralph, R. H. Richards and C. B. Cowey (1978). Nephrocalcinosis in rainbow trout : the effect of exposure to elevated carbon dioxide concentrations. *J. Fish. Disease*, 2 : 279 - 289.
  55. Jayasankar, P. and M. S. Muthu (1983 a). Toxicity of ammonia to the larvae of *Penaeus indicus* (H. Milne Edwards). *Indian J. Fish.*, 30(1) : 1 - 12.
  56. Malone, R. F. and D. G. Burden (1988). Design of Recirculating Soft Crawfish Shedding System. Louisiana Sea Grant College Program Baton Rouge, LA. 74 pp.

# WATER REUSE AND RECIRCULATION SYSTEM FOR SHRIMP CULTURE

*Jiann – Chu Chen*  
*Department of Aquaculture,*  
*National Taiwan Ocean University,*  
*Keelung, Taiwan, Republic of China*

## ABSTRACT

Shrimp culture has developed rapidly during the past decade and has shifted from extensive with polyculture to intensive with monoculture and even highly intensive system. There have been successful achievement in mass production of larvae and high performance of formulated feed developed. However, little is done for grow – out farm in pond facility, water inlet and outlet system and pond management.

In an intensive system, growth of the shrimp depends on the efficiency of the formulated feed, therefore feeding is important. There are tremendous amount of unconsumed feed and excreted nitrogenous compounds accumulated in the pond. Nitrogen loading in this system due to poor purification causes a problem.

In order to prevent water deterioration and maintain intermediate salinity level, frequent water replacement is needed. It is impossible for all ponds to replace water due to poor availability of water in quality and quantity. Pumping too much of ground water would also result in ground depression. In addition, large amount of untreated water supply may introduce into contagious pathogen and high risk outbreak of mortality.

A reservoir for water pretreatment like precipitate, aeration or filtering is necessary for any water resource. Reducing stocking, use of ground water in the area where water is not abundant should be regulated. Polyculture with milk fish, clam, crab and red alga *Gracilaria* should be reconsidered and an integrated culture system like reuse of sludge as a fertilizer for plants should adopted. It is suggested that shrimp pond water may be transferred to another pond for clam or alga culture and flowed back.

In order to prevent accumulation of sludge during the shrimp culture period, reducing stocking, feeding are considered. Center discharge system working together with paddle wheel and with the bottom covered with or without water proof sheet has advantage to remove sludge accumulated. Use of enzyme and bacteria to enhance decay of organic matter is suggested. In addition, use of bottom – type aerator or pure oxygen to decompose sludge which deteriorate bottom environment is also suggested.

Shrimp larvae cultured in a recirculation system has better survival than those in a semi – static system. Concentrations of organic matter, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and total phosphate in a recirculation system are lower than those in the semi – static system. Three steps are involved in a recirculation system, they are precipitate of particle matter, mineralization of dissolved organic matter and

nitrification of ammonia. It is noted that water temperature, salinity, dissolved oxygen, pH level, contact area and toxic substances like chemotherapeutic agents affect growth of nitrifying bacteria.

Water temperature, salinity, oxygen, pH, ammonia, nitrite, sulfide, nitrogen gas, carbon dioxide and suspended solids affect growth and survival of cultured shrimps. Effects of several water parameters and their safe levels on shrimps have been summarized. Development of a recirculation system would maintain good water quality and save energy. Development of a green house in a reduced impoundment would prevent sudden decline of salinity and pH levels due to weather variation. The combinations of above two characteristics would be a hope for intensive shrimp culture in the near future.