

目錄

摘 要	217
第 一 章 緒論	218
第 二 章 文獻探討	219
第 三 章 研究方法	225
一、種苗量產模式	225
二、人工養殖方式	225
三、人工放流成效之探討	226
四、實驗分析	226
第 四 章 結果與討論	228
一、馬糞海膽種苗量產模式	228
二、馬糞海膽人工養殖方式	230
三、馬糞海膽放流成效探討	231
第 五 章 結論與建議	232
一、馬糞海膽種苗量產模式	232
二、馬糞海膽人工養殖方式	232
三、馬糞海膽放流成效探討	232
參考文獻	234
附錄	236

表目錄

表一 馬糞海膽實驗前後殼徑及體重變化·····	236
表二 馬糞海膽養殖之殼徑成長率、增重率、生殖腺指數及活存率·····	236
表三 九十八年十二月份海膽養殖實驗紀錄·····	237
表四 九十九年一月份海膽養殖實驗紀錄·····	238
表五 九十九年二月份海膽養殖實驗紀錄·····	239
表六 九十九年三月份海膽養殖實驗紀錄·····	240
表七 九十九年四月份海膽養殖實驗紀錄·····	241
表八 九十九年五月份海膽養殖實驗紀錄·····	242
表九 九十九年六月份海膽養殖實驗紀錄·····	243
表十 九十九年七月份海膽養殖實驗紀錄·····	244

圖目錄

圖一 蓄養馬糞海膽之豐年蝦桶	245
圖二 海水過濾設備	245
圖三之一 投餵海膽之浮游性藻類	246
圖三之二 東港等邊金藻(Isochrysis)	246
圖三之三 角毛矽藻(Cheatoceros)	247
圖四之一 海膽幼苗換水器具	247
圖四之二 海膽幼苗換水	248
圖四之三 蓄養馬糞海膽之圓形平底桶	248
圖五 供海膽變態附著時使用之浪板	249
圖六 養殖籠具	249
圖七 挑選海膽置入籠內	250
圖八 養殖地點	250
圖九 每個月測量各不同處理組之殼徑及體重	251
圖十 測量生殖腺指數	251
圖十一 放流地點	252
圖十二之一 以潛水方式進行穿越線測量法	252
圖十二之二 以潛水方式進行馬糞海膽人工放流	253
圖十二之三 進行放流之馬糞海膽	253
圖十三之一 開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(二分裂)	254
圖十三之二 開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(四分裂)	254
圖十三之三 開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(八分裂及十六分裂)	255
圖十四 桑椹期之海膽幼苗	255
圖十五 三角錐體期海膽幼苗	256
圖十六 二腕期海膽幼苗	256
圖十七 四腕期海膽幼苗	257
圖十八 六腕期海膽幼苗	257
圖十九 八腕期海膽幼苗	258

圖二十 長出叉棘之海膽幼苗·····	258
圖二十一 長出管足變態後之稚海膽·····	259
圖二十二 完成變態後之附著馬糞稚海膽·····	259
圖二十三 馬糞海膽人工養殖體重成長曲線圖·····	260
圖二十四 馬糞海膽人工養殖殼徑成長曲線圖·····	260
圖二十五 澎湖縣海域月平均海水溫度圖·····	261
圖二十六 不同海膽養殖籠具·····	261

白棘三列海膽 (*Tripneustes gratilla*)種苗量產模式、人工養殖方式與放流成效探討

摘要

本研究之目的在探討白棘三列海膽(*Tripneustes gratilla*)的種苗量產模式，人工養殖方式與放流成效探討，種苗量產模式以本研究改善之海膽浮游期幼苗培育方法以及八腕期幼苗變態附著方法，約經過 22 天後可獲得較大量之八腕後期幼苗，並可以完全變態附著於浪板上，並持續培養約一個月後可獲得殼徑 2~3 公分的稚海膽，因此推論本研究之種苗量產模式可應用在海膽繁殖上。

人工養殖方式以本場所培育之馬糞稚海膽分為三組蓄養在澎湖縣水產種苗場內之流水式水泥池、竹灣海域及通樑海域，經過七個月的養殖之後，三個處理組在殼徑成長上數據以通樑組(7.26 ± 0.42 公分)有較佳的表現，而在體重方面分別為竹灣組(158.13 ± 31.95 公克)有較佳的成長，生殖腺指數(GSI)以通樑組(10.07)較佳，活存率方面則以養殖在通樑海域的處理組有較佳的活存率(66%)。

放流成效探討方面，於 98 年 10 月 30 日於澎湖縣山水海域定位點(N $23^{\circ} 30.356'$ E $119^{\circ} 35.905'$)利用穿越線測量法量測當地野生海膽資源量之後，再於 500 平方公尺內放流 2,000 顆平均殼徑 5.26 ± 0.28 公分大小之馬糞海膽，使資源密度達到每一百平方公尺 400 顆海膽，並於 99 年 4 月 21 日再度前往觀察發現，現場並無發現任何馬糞海膽，因當時放流體型已較大，推測可能因人為捕捉，或因其攝食藻類需要而移動棲地導致無法再觀察到馬糞海膽。因此本研究已建立馬糞海膽室內之種苗量產模式，而外海箱網養殖對於海膽的養成也是可行的，海膽幼苗的放流在目前漁業資源管理無法有效落實的前提下，其放流應以不公開為原則，且地點則應考慮加強人為的漁業管理保護政策以達到有效保育資源的目的。

第一章 緒論

海膽的生殖腺為一種高貴的水產品，主要的消費地點包括亞洲及地中海地區。近年來由於海膽的市場需求增加，過度的捕撈而使世界海膽的資源量急速下降(Lawrence and Agatsuma, 2001)，有鑑於此，世界各主要海膽生產國開始致力於發展海膽養殖業，台灣過去也有海膽採捕的紀錄，根據 FAO(1996) 的統計，台灣在 1976 年海膽的產量為 3.5 公噸，1986 年增加至 61 公噸，1991 年則降至零，由此可見台灣野生的海膽資源量已經耗竭。台灣消費者對於海膽的接受度與需求量逐漸的提高，發展海膽養殖已成為刻不容緩的問題。目前台灣可供做食用的海膽有三種：紫海膽、白棘三列海膽以及口鰓海膽。而其中澎湖海域所生產之白棘三列海膽(*Tripneustes gratilla*)俗稱「馬糞海膽」，為澎湖地區一高經濟價值之水產生物，盛產時期每人每日平均可捕獲 1,200-1,500 個(相當於 120-180 公斤，生殖腺重 12-18 公斤)但由於馬糞海膽易於捕捉且其生殖腺每公斤價值可高達 3,000 元以上(Hagen, 1996)，因此造成資源量急遽減少。因此若能以人工繁殖培養海膽幼苗，再進行海膽放流，不但可以增加海膽的自然資源量，更可以達到增加漁民捕撈量的目的。日本對於海膽資源管理的方式是繁殖種苗，然後將大量幼苗放入海中任其自然生長以達到上市體型，這種結合人工繁殖並放流以及運用海洋牧場生產的方式，改善了日本以往不穩定的野生海膽來源並可藉由人工方式恢復海膽的天然資源量(Saito, 1992)。

海膽的養殖主要可分成兩部分，一為海膽幼苗的人工繁殖，利用從野外捕撈到之海膽進行人工授精，再將授精卵孵化培育使其變態成為附著性生活的稚海膽，期間需要歷經的變態階段有囊胚期(blastula stage)、原腸期(gastrula stage)、養殖錐體期(prism)及長腕幼生(pluteus)等，其中長腕幼生又可區分為二腕、四腕、六腕、八腕幼生等階段，最後變態為行附著生活的稚海膽，此培養階段海膽幼苗需要攝食浮游性藻類如東港等邊金藻(*Isochrysis galbana*)以及角毛矽藻(*Chaetocerus muellrei*)等微藻，直到海膽幼苗附著變態後始轉變食性為攝食附著性藻類。另一部分為稚海膽養殖到成熟可達上市體型之養成階段，此時可再細分為成長期之殼徑增加以及接近生殖期之生殖腺肥育，要促進其殼體成長可提供龍鬚菜(*Gracilaria sp.*)為飼料來源，而若要促進其生殖腺肥育則可投餵蛋白質含量較高之人工飼料，但因人工飼料價格較昂貴，因此考量到養殖成本可在海膽上市出售前期投餵以達到促進生殖腺發育之目的。

第二章 文獻探討

一、白棘三列海膽之分類

棘皮動物門 (Echinodermata)

海膽綱 (Echinoidea)

雕紋海膽目 (Temnopleuroidea)

毒刺海膽科 (Toxopneustidae) (李、陳, 民 83)

二、海膽 (Sea urchins) 屬棘皮動物門海膽綱 (Echinoidea)，又可以分成正型海膽及歪型海膽二種亞綱；其主要差異點在於肛門與口的位置，正型海膽具有輻射對稱外型，口與肛門在相對應位置，稱為口面與反口面，反口面圍繞肛門的複雜骨板構造稱為頂系，是分類的重要依據；體殼由石灰質骨板相互嵌合而成；口位於體殼下端中央，口內有 5 枚強壯而銳利的牙齒，肛門位於頂系的中央；。而歪型海膽則有“次發性的兩側對稱”外觀 (李坤瑄、陳章波, 民 83)；牠們的食性變異極大，多數的種類以大型海藻及藻類為食，是海底有名的“清道夫”，部分的則為雜食性，幾乎什麼都吃。歪型海膽類，牠們的大棘不發達，通常是包覆著細刺，形狀奇特，有的扁平，有的像心型或橢圓形，肛門位置已不在反口面的中央，而是移至身體側面。歪型海膽主要潛伏於沙質地形；主要食物是底質的有機碎屑及微生物。

三、白棘三列海膽 (*Tripneustes gratilla*) 屬棘皮動物門海膽綱正型海膽亞綱，俗稱「馬糞海膽」，其特徵為成體的個體大，殼徑 12 公分以上，體高亦可達 5~6 公分，體色及棘的顏色變異頗大。馬糞海膽棲息在水深 10 公尺以內珊瑚礁區至潮間帶以下海域，珊瑚礁區的海藻林提供隱藏及避敵的棲所，在無遮蔽區，則背負大型藻類及海中雜物以偽裝避敵 (Ogden, 1989)。馬糞海膽主要分布在印度、西太平洋海域。台灣各礁岩地區及海藻叢中皆有；東北角因民眾大量捕食而較為罕見，在澎湖及南部小琉球、墾丁海域較常見 (Chen and Chang, 1981；李、陳, 民 85)。在台灣北部其生殖週期為 8~9 月 (Chen, 1989)。

四、海膽養殖產業之重要性

海膽為較高價之水產品，在人為的大量捕捉下，近年來由於世界各主要海膽產

地(美國、日本、法國以及智利)都面臨到海膽野生資源下降以及過度捕撈的情形(Overfishing)的問題(Keesing and Hall, 1998)，以日本為例，海膽主要種類有六種，在 1960 年代海膽的漁獲量約維持在 2 萬至 2 萬 7 千噸，但在 1991 年之後急速下降至 1 萬 4 千噸，產量下降的原因乃過度捕撈與自然增加量無法維持資源再生的速度，而在供應量持續下降而市場需求量不斷與日俱增之下，使得這些世界上主要的海膽產地逐漸轉向以發展海膽繁養殖以取代天然捕撈量的不足(Hagen, 1996)。

日本早在 1960 年代，就開始對海膽的人工育苗的生物學展開研究，先後研究了海膽的性腺發育特點，胚胎和幼苗發育以及胚胎和幼苗的生態習性，到了 1970 年代中後期，則進行了海膽工廠化育苗技術的開發，先後對育苗階段的幾個環節包含幼苗餌料生物的種類、幼苗變態機制和促進變態的方法，幼苗以及稚海膽生活的物理、化學及生物因子等各項指標因子做合適的範圍研究，到了 1980 年代中後期，海膽的大量生產技術已基本確立，馬糞海膽、紅海膽、蝦夷球海膽、紫海膽以及北紫球海膽等，均能進行量化生產，也因為有早期豐富的基礎研究，使得日本海膽的人工育苗產量由 1980 年代的平均年產量 1,088 萬 4 千顆成長到 1990 年代 7,152 萬 6 千顆。在海膽的養成方面，日本以陸上漁塢養殖及海上箱網養殖方式為主來進行海膽的養殖，以日本的蝦夷馬糞海膽為例，於喜界島的喜界町區域陸上養殖池蓄養海膽，放養面積為 5,000 平方公尺，放養數量為 5,000 顆(平均殼徑 2.81 公分)，經過約九個月的養殖後，殼徑可成長到 7.28 公分，重量可達 132.7 公克，生殖腺指數約在 6.13~9.36%之間。

在韓國方面，該國的國立水產振興學院轄下之水產種苗培養場，自 1988 年開始即進行海膽的人工種苗生產。但種苗生產量尚不多，從 1988 年的年平均產量 5 萬顆到 1992 年 15 萬顆。而中國大陸的黃海水產研究所在 1950~1960 年代，開始進行海膽的人工育苗的生物學研究，到了 1970 年代先後對馬糞海膽及光棘球海膽的人工育苗技術進行了研究，1980 年代自國外引進蝦夷球海膽進行增繁養殖及人工育苗技術的探討。在養成方面主要以陸上水泥池為主。

台灣對於海膽的相關研究起步相對較晚且少，目前僅有三篇相關的文獻探討海膽的繁殖，分別是李坤瑄，陳章波(民 85)所著「台灣常見的棘皮動物」、林順康(民 86)所著「紫海膽 *Anthocardia crassispina* 和口鰓海膽 *Stomopneustes variolaris* 的生殖

週期和晚期幼生餌料實驗」以及張秉宏(民 95)所著「馬糞海膽 *Tripneustes gratilla*(Linnaeus)繁養殖技術之開發」等研究報告，這些報告以小型的試驗紀錄完整的胚胎發育以及幼苗的人工培育方式，但是皆未可達到像日本般大量生產的規模，因此積極發展海膽種苗量產模式，以滿足台灣日益增高的海膽水產品需求，是當前的一項重要議題。

五、海膽生殖腺與產業的關連性

海膽生殖腺是一個特殊的器官，也是唯一可供食用的部位，海膽生殖腺是由五片附著於外殼內側的器官所組成，每一片生殖腺由數百個腺泡組成，在腺泡內有兩種主要的細胞型態：營養細胞和配子細胞 (Walker, 1982)；生殖腺的肥育主要是因營養細胞的累積，而這些營養細胞會在轉換成配子細胞再發育為精子或卵子 (Kearns and Lawrence, 2002)。海膽生殖腺的發育可分為五個階段(林, 1995; De John-westman et al., 1995)：

1.恢復期(Resting stage):

海膽生殖期結束後，此時生殖腺中的營養細胞(nutritive phagocytes)佔據大部分的濾泡腔(follicular lumen)及腺泡周圍組織，這個階段的生殖腺最小。

2.發育期(Growing stage):

早期卵黃化卵細胞或初級精細胞沿腺泡組織周圍發育變大，並開始向濾泡腔移動，進一步發育，而營養細胞仍然佔據大部分的濾泡腔，此時的海膽藉由攝食來促進生殖腺成長。

3.成熟前期(Premature stage):

卵細胞或精細胞進入濾泡腔取代營養細胞，大部分的濾泡腔充滿卵細胞或精細胞，同時濾泡腔外環繞一層營養細胞，此時的生殖腺雖未達到最大值但是最具市場價值。

4.成熟期(Mature stage):

濾泡腔內充滿卵子或精子，而濾泡腔外僅環繞一層薄薄的營養細胞，並有早期卵黃化卵細胞或初級精細胞及晚期卵黃化卵細胞或精細胞的出現，此時的生殖腺最大，但因含水量過高而降低市場價值。

5.生殖期(Spawning stage):

因排精或排卵使生殖腺大幅減小，生殖腺的濾泡腔形成許多空腔，空腔內有殘留的營養細胞及退化的卵或精子。

以上的五個階段顯示配子細胞跟營養細胞在生殖腺中的比例會隨生殖巢成熟階段的不同而改變。配子生成作用前生殖腺由營養細胞所佔滿，隨著配子形成作用配子細胞會漸漸取代營養細胞，當海膽生殖腺完全成熟時配子細胞會充滿整個生殖腺。大部分的海膽消費國家所食用的為未成熟階段的海膽生殖腺，此階段的生殖腺含有較多的營養細胞和較少量的配子細胞，一般而言營養細胞比配子細胞更具食用的價值（Walker et al., 2001）。

海膽生殖腺為海膽產業主要的生產品，人類消費海膽的生殖腺已經有很悠久的歷史，主要集中在亞洲、地中海、法國和智利等國（Unuma, 2002）。法國市場每年約需 2000 噸的海膽，質量好的海膽在法國市場的售價介於每公斤 70-110 法郎之間，換算成新台幣價值約在 2,100-3,300 元之間(高和常，1999)，而在日本品質良好的生殖腺每公斤可以達到 400 美元的價格。台灣海膽因易於捕捉加上生殖腺每公斤高達新台幣 3,000 元以上，造成過度捕撈使資源量急遽減少（Hagen, 1996）。國外主要的海膽漁業海域如日本、法國、智利及美國等國家，也因海膽生殖腺需求量過大而發生過漁的現象。由於海膽生殖腺需求量增加且價格穩定上升，促使世界各國強化其海膽產業(Lawrence et al., 2001)，因此使野生海膽的資源更加衰退。

六、海膽天然資源量的調查及種苗放流

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心於九十三年度的澎湖縣海洋牧場環境監測調查報告中指出，當年度自四月份起之潛水調查發現，在內垵北港海域之藻礁上生長數量頗為豐富之南方團扇藻，而藻體下方則附著許多馬糞海膽之幼苗，目視估計殼徑約為 1.5-2.0 公分左右，後續發現馬糞海膽之殼徑成長明顯，而且族群密度維持在一穩定之數量，因此從同年 8 月份起開始估計其族群數量，並於 9 月份時採取 30 顆個體測量其殼徑，調查結果發現在內垵北港之馬糞海膽，8 月份時族群數量每平方公尺約有 3.9 顆(藻礁面積)，9 月份時則高達每平方公尺 4.75 顆(藻礁面積)，平均殼徑已達到 6.77 公分，五個月內成長 5 公分，而與本研究於山水海域的資源量調查每平方公尺只有 0.6 顆相比，可得知澎湖海域馬糞海膽的資源量已逐年枯竭。

趙(民 94)前往屏東後壁湖港的東側潟湖區，面積約 33 萬 1 千平方公尺(資料由墾丁國家公園管理處提供)，退潮時水深多在 0.5~1.5 公尺間，漲潮時的深度多在 2~3 公尺(圖 2-3，圖 2-4)，以穿越線調查法進行，由高潮線到低潮區隨機拉五條穿越線，計算穿越線兩旁一公尺內的馬糞海膽數量，五月及十月各進行一次馬糞海膽族群密度之調查，調查結果發現，整個海域都有馬糞海膽的零星分布，但數量均非常稀少，每次一個小時的浮潛調查中，採獲數多低於十個。該研究作者也指出墾丁海域目前還是有許多民眾在採食海膽，並且有販賣行為，這是馬糞海膽數量稀少的主因。只有後壁湖潟湖的海膽數量較多，五月的平均密度是 6.3 隻/100 平方公尺，十月的平均密度是 5.2 隻/100 平方公尺。二次調查的平均密度是 5.8 隻/100 平方公尺。墾丁國家公園所提供此區的面積約 33 萬 1 千平方公尺，換算後的海膽數量約 19200 隻。這些海膽是 2002 年由該研究作者、中山大學及東港水試所合作放流的。放流後海膽已能自行繁殖，該筆者多次在潟湖內均發現新生的小海膽。因為後壁湖潟湖旁有國家公園警察隊後壁湖小隊協助巡守，馬糞海膽沒有被採捕，族群一直維持穩定狀況。這說明只要不要有人為干擾進行人工放流後，馬糞海膽可以很快恢復族群數量。

日本為了復育因大量人為捕撈而逐漸枯竭的海膽資源，政府將海膽種苗的生產以及人工放流列為其「栽培漁業」政策中重要的一環，在 1980 年日本即有人工放流紅海膽的紀錄，當年度共放流 10 萬顆海膽(殼徑 1 公分)，到了 1982 年增加到 30 萬顆為最高(殼徑 1.3 公分)，此後維持在每年 15~20 萬顆海膽的放流量，而白鬚海膽在 1988 年的放流數量為 6,300 顆，到 2005 年則成長到 3 萬 4,600 顆由此可見日本逐年的在提升海膽的放流數量，而放流後的調查研究也相當確實，以馬糞海膽為例，日本曾在 2006 年於境內今婦人村海域進行馬糞海膽的人工標識放流，共分為兩次放流，第一次在 2006 年 6 月 16 號於該海域定位點(N26° 41' 57.5" ° E127° 59' 03.3")，面積 400 平方公尺，放流 5 萬 500 顆(平均殼徑為 2.32 公分)，以染色劑標識個體數 1 萬 6,900 顆(標示率 33.5%)，放流密度為每平方公尺 126 顆海膽，第二次在 2006 年 7 月 18 日於同海域定位點(N26° 42' 03.2" ° E127° 58' 35.1")，面積 500 平方公尺，放流 2 萬 4,800 顆(平均殼徑 2.72 公分)，以染色劑標識個體數 2 萬 2,800 顆(標識率 91.9%)，合計共 7 萬 5,300 顆，並於隔年的 1 月 16 日(放流後 214 日)前往

第一次放流地點進行調查，以當初放流地點擴大東側半徑 100 公尺，南西側半徑 100 公尺，北西側半徑 60 公尺，合計共 2 萬 6,400 平方公尺內共回捕 1 萬顆海膽，活存率可達 19.8%且平均殼徑成長到 5.91 公分，而第二次放流區於隔年的 1 月 31 日(放流後 197 日)前往調查，以當初放流地點擴大半徑 100 公尺為圓形調查 3 萬 1,400 平方公尺內共回捕 7,200 顆海膽，回捕率達到 29.0%，平均殼徑成長到 5.61 公分。

第三章 研究方法

一、種苗量產模式

(一) 實驗動物

為白棘三列海膽(*Tripneustes gratilla*)，由澎湖縣水產種苗繁殖場潛水人員自行前往澎湖海域捕撈或於非禁捕期購自漁民之野生海膽作為種膽，於場內進行人工授精以取得受精卵培育幼苗。

(二) 實驗方法

以搖晃法刺激野外捕撈回來的馬糞海膽，採集其精子與卵子於海水中混和授精以取得授精卵，再將授精卵培養於 300 公升之豐年蝦桶中(圖一)，放養密度為 1 隻海膽苗/cc，以過濾海水打氣培養並投餵等邊金藻(*Isochrysis*)及角毛矽藻(*Cheatoceros*)以 1:1 混和投餵(圖二)、(圖三之一)、(圖三之二)、(圖三之三)，並以顯微鏡觀察其攝食情形以調整投餵量，投餵量之調整介於 2000~8000 cells/cc，每日以換水器材進行換水兩次，每次換水 50%~75%(圖四之一)、(圖四之二)，待海膽幼苗培養到第十四天時，則將幼苗移到 0.5 噸之圓形平底桶蓄養(圖四之三)，並預先準備長方形 1 噸 FRP 桶，內放置已鋪設浪板之浪板架，培養附著性矽藻類以供之後海膽變態時使用(圖五)，移入附苗桶初期先不開啟流加水，而是一樣採用每天抽取海水並添加新鮮海水的方式換水，且持續投餵浮游性藻類，待桶中已無懸浮之八腕後期幼苗後，再開啟流水，並於蓄養約一個月後，可觀察到體長約 0.5~1 公分馬糞稚海膽，定期沖洗桶底，將底部污物排出，並定期投餵石蓴(*Ulva sp.*)及龍鬚菜(*Gracilaria sp.*)供其攝食。

二、人工養殖方式

(一) 實驗動物

實驗用馬糞海膽為澎湖縣水產種苗繁殖場自行人工繁殖之三個月齡稚海膽三組殼徑分別為平均 3.49 ± 0.33 、 3.5 ± 0.41 及 3.57 ± 0.39 公分，體重平均為 19.62 ± 3.11 、 20.2 ± 2.18 及 20.38 ± 2.69 公克。

(二) 實驗方法

實驗共分三個處理組，每個處理組二重複，每一重複隨機挑選馬糞海膽 50 顆放置於長寬高各為 110、45、40 公分之養殖籠(圖六)、(圖七)，各處理組分別放置於

通樑箱網養殖海域、竹灣箱網養殖海域及澎湖縣水產種苗繁殖場內之水泥池蓄養(圖八)，蓄養期間以龍鬚菜(*Gracilaria sp.*)進行投餵，投餵次數每週一次，並定期每個月測量各不同處理組之殼徑及體重(圖九)，並於實驗結束後測量生殖腺(GSI)指數及計算活存率(圖十)，設計三種不同地點養殖原因在於現行養殖大多以陸上漁塭養殖以及海上箱網養殖為主，因此此研究可以比較出陸上漁塭與海上箱網對於海膽養殖的適合性，另外海上箱網選擇兩個不同的地點，則可比較不同海域對於海膽生長是否有影響。

三、人工放流成效之探討

以澎湖縣水產種苗繁殖場自行人工繁殖之馬糞海膽 2,000 顆，其中隨機挑選 30 顆，量測後之平均殼徑為 5.26 ± 0.28 公分大小，於 98 年 10 月 30 日於澎湖縣山水海域放流(圖十一)、(圖十二之一)、(圖十二之二)，放流前先以穿越線測量法量測當地野生海膽資源量，再利用衛星定位裝置(GPS)於山水海域取一定位點(N $23^{\circ} 30.356'$ E $119^{\circ} 35.905'$)，由此定位點向正南拉取一長 50 公尺之穿越線，於穿越線左右兩側各 5 公尺之範圍，以兩位潛水人員左去右回計算該測量範圍面積(500 平方公尺)的海膽資源量，加以紀錄後同樣由潛水人員再進行放流 2000 顆馬糞海膽，並於半年後再至山水該海域進行實地測量以了解其放流成效。

四、實驗分析

1. 增重百分率(percent weight gain, WG)

實驗結束後，海膽體重增加量，除以初重，再乘以 100。

計算公式:

$$WG = \frac{\text{Final body weight(g)} - \text{Initial body weight(g)}}{\text{Initial body weight(g)}} \times 100$$

2. 增長百分率(percent length gain, LG)

$$LG = \frac{\text{Final body length(cm)} - \text{Initial body length(cm)}}{\text{Initial body length(cm)}} \times 100$$

3. 生殖腺指數(Gonadal somatic index, GSI)

$$GSI = \frac{\text{Gonadal wet weight(g)}}{\text{Body wet weight(g)}} \times 100$$

第四章 結果與討論

一、馬糞海膽種苗量產模式

以前述方法在海水水溫 28°C~30°C 下所孵化之馬糞海膽授精卵，約於授精後 1 小時開始細胞分裂(圖十三)，由二分裂開始經過 4 小時後發育到桑椹期(圖十四)，24 小時後發育至養殖錐體期(少部分為原腸期)(圖十五)，第二天發育至二腕期幼苗，且體表開始出現色素細胞(圖十六)，第五天發育至四腕期幼苗且可明顯看到口器長成，於此時可開始投餵藻類供海膽攝食(圖十七)，第九天發育至六腕期幼苗，且體表色素細胞增加並可以觀察到體外有纖毛活動(圖十八)，第十四天發育至八腕期幼苗，且可觀察到纖毛冠(圖十九)，第十八天觀察到海膽苗已開始長出叉棘(圖二十)，數量從 1~3 根都有，於第二十二天發現已長出管足變態為附著期的稚海膽(圖二十一)，並由豐年蝦桶移出至長方形附苗桶內持續培養，並於三十天後可觀察到殼徑約 0.1 公分之稚海膽附著於浪板上(圖二十二)。

本場所使用之海膽幼苗培育方法為建立一種苗可量產模式為考量之前提下所設計(一年約生產十萬顆海膽苗)，因此利用購置容易之豐年蝦桶為蓄養海膽浮游期幼苗之容器，且自行設計換水裝置，以手抄網防止吸取到海膽苗，並利用改良過的抽水管搭配保利龍圈組合成為換水裝置，以此方法換水可避免抽取到海膽苗導致死亡，並且可於抽換時同時添加新鮮海水，以達到更佳的換水成效，而對於八腕期幼苗變態後的附著問題，本場也尋找出白色塑膠框之浪板架，一個浪板架即可放置二十四片浪板，一長方形 FRP 桶可放置十個浪板架，大大增加了海膽幼苗的附著面積以及活存率，以此研究與張 (民 94)之馬糞海膽繁養殖技術之方法比較，該論文實驗以 0.5 噸平底及錐形底 FRP 桶為養殖容器，每桶初始放養 30 萬隻海膽苗，密度為每公升 600 隻海膽苗，養殖過程中不移動幼苗，而本場利用豐年蝦桶搭配自行研發之器具，每 300 公升豐年蝦桶初期即可放養 30 萬隻海膽苗，密度為每公升 1000 隻海膽苗，蓄養 14 天後改移到圓形平底桶，再經過 8 天的蓄養後每桶約可得到 1 萬隻八腕期海膽幼苗，活存率為 3%，以本研究利用總共 24 桶蓄養容器計算，共可得到約 24 萬隻八腕期海膽幼苗，因此更為適合未來以量產方式生產海膽。

為能夠達到量產海膽的目的，首先就是要克服海膽幼苗在浮游期階段容易死亡

的情形，以獲得大量的八腕後期幼苗來進行誘引變態成為稚海膽，在海膽幼苗浮游期的培養階段，可能遭遇的幾個問題分別為投餵量的控制、水體中雜藻及原生動物的污染、放養密度過高及死亡幼苗污染水體，而可提供的解決方法於投餵量的控制上，需花費較多時間利用顯微鏡觀察海膽幼苗體內的藻類細胞是否充足，並且於投餵後一段時間觀察水體內是否還有藻類，若投餵量不足則加以補充，若投餵量太多，可於早晚換水時增加換水量以減少水體中過多的藻類，因藻類白天行光合作用產生氧氣，而夜晚行呼吸作用產生二氧化碳，因此若水中累積過多的藻類於夜間行呼吸作用，則可能導致水質惡化進而影響海膽幼苗發育，且過多藻類死亡時沉降於底部亦會導致水質惡化，因此投餵量之控制是海膽苗孵化期間重要的工作，而水體中若有雜藻污染則需要從源頭，即藻類的培養和平時換水工作避免外界污染上著手改善，原生動物污染亦同，增加換水量同樣可以改善上述狀況，對於放養密度過高方面，因隨著海膽幼苗的成長增加個體的體積，使得原本水體容納的海膽苗更加擁擠，因此可於開始培養後第十天將豐年蝦桶內之海膽苗分養到其他豐年蝦桶，藉以降低桶內海膽苗密度，以降低因高密度緊迫所產生的海膽苗死亡情形，而死掉沉降於桶底的海膽苗，可利用將打氣拿起後靜置，健康海膽苗會浮於水面之特性，將桶底之污水、沉積的死藻及死亡之海膽苗洩水排除，以改善水質污染問題，如此在本研究所建立之種苗量產模式下，以經過改良之換水及附苗設備之養殖方式下，可得到較高活存率的八腕後期幼苗，以利進行海膽苗的變態附著，而八腕期幼苗在進入變態期要成為附著性稚海膽時期，也因為會有較高的死亡率而導致數量降低，因此本研究也嘗試利用剛移入附苗桶前期不開啟流加水而以抽水方式換水，可避免尚未附著之海膽苗隨水流失，且可以保持水中微細藻類的密度供其攝食，待其完全變態沉底附著後，再開啟流加水提供其良好的水質循環，以此方式可以穩定的培養變態後之海膽幼苗，最佳的情況下每片浪板可附著 100 隻以上馬糞稚海膽，若以每一個附板架上放置 24 片浪板，每一附苗桶內放置 10 個附板架，則推論可獲得的馬糞稚海膽可達到 2 萬 4 千隻海膽，而蓄養階段再以 10%活存率計算則每桶可獲得 2 千 4 百隻稚海膽，因此只要準備 10 個附苗桶，一年繁殖五批馬糞海膽幼苗，即可以達到一年十萬顆海膽的量產目標。

二、馬糞海膽人工養殖方式

三個不同的處理組經過八個月的養殖試驗後，由實驗數據來比較本場內與外海養殖的的差異，殼徑分別為通樑組 7.26 ± 0.42 公分，竹灣組為 7.01 ± 0.48 公分，場內組為 7.01 ± 0.49 公分，體重數據為通樑組 157.67 ± 28.16 公克，竹灣組為 158.13 ± 31.95 公克，場內組為 141.56 ± 22.02 公克，由以上數據可以發現外海養殖組有較佳殼徑以及體重的成長，而若以生殖腺指數來比較的話則可發現通樑組有較高的生殖腺指數 ($10.07 \pm 3.45\%$)，而竹灣組 ($7.61 \pm 3.18\%$) 與場內組 ($7.85 \pm 2.15\%$) 則無明顯差異，以活存率來比較的話可發現外海養殖的通樑組有較高的活存率 (66%)，而竹灣組 (37%) 以及場內組 (53%) 則偏低，其中竹灣組的活存率偏低推測可能原因為蓄養地點附近有較多的海上箱網養殖，在大量投餵人工飼料的情況下，可能導致附近水域的水質較差，較不利海膽的生長，另外在蓄養的養殖籠內也常發現有螃蟹入侵，亦可能攻擊海膽導致死亡，實驗數據表現出通樑海域的水文條件較適合馬糞海膽的海上箱網養殖，考量到蓄養在陸上池塹還需要水泥池之建造成本以及需要抽取海水及打氣設備所花費之電費，因此未來在考量養殖方式的選擇上，可以選擇以海上箱網養殖為較佳的方式，而種苗場組的海膽在體重的成長上較輕，但是生殖腺指數依然可以達到 7.85%，推測可能原因為蓄養在種苗場內水泥池因為水體體積較小，水溫容易受氣候影響而改變，水溫上午及下午水溫最大可差異到 2 度左右，且國曆六到九月為海膽的繁殖季節，在五月份後澎湖地區海水溫度明顯偏高 (圖二十五)，導致海膽成熟的生殖腺因受較高溫刺激而有排精排卵現象，使體重下降。以此研究與張 (2004) 的論文比較，該論文以室內 FRP 桶飼養馬糞，投餵石蓴 (*Ulva sp.*)，經過 11 個月的蓄養後，殼徑由 3.2 ± 0.11 公分成長到 7.30 ± 0.34 公分，體重由 12.5 ± 1.37 公克增加到 156.4 ± 22.42 公克，而本研究的通樑組海膽同樣經過 7 個月的蓄養後，殼徑可由 3.57 ± 0.39 公分成長到 7.26 ± 0.42 公分，體重可由 20.2 ± 2.18 公克成長到 157.67 ± 28.16 公克，成長數據差距不大，但本研究養殖期間所節省抽取海水以及打氣設備運轉所需之電費，應一併在養殖方式是否可行上加入考量，且該論文養殖以石蓴當作食物來源，目前台灣並無石蓴 (*Ulva sp.*) 可購買，因此必須由人力自行從海邊撈取，而本研究使用龍鬚菜 (*Gracilaria sp.*)，可經由穩定的購買通路取得，且可大量購置，因此在未來大量的人工箱網養殖上，是較佳的食物來源選擇。以本研究的馬糞海膽成長數據與

參考文獻中日本喜界島養殖蝦夷馬糞海膽的成長數據比較後可發現，本研究之海膽生殖腺指數經過七個月的養殖期後最高可達到 $10.07 \pm 3.45\%$ ，而日本喜界島的海膽經過九個月的養殖後其生殖腺最高僅達到 9.36% ，表示本研究的人工養殖方式可有效的獲得生殖腺飽滿的成體海膽。

三、馬糞海膽放流成效探討

以穿越線測量法實地測量澎湖山水海域的野生馬糞海膽資源量發現 500 平方公尺的面積內共發現 3 顆馬糞海膽，換算密度後為每 100 平方公尺有 0.6 顆海膽的天然資源量，測量完後再由潛水人員於此 500 平方公尺面積的海域內放流 2,000 顆馬糞海膽，放流後其資源量密度為每 100 平方公尺 400 顆馬糞海膽，經過半年後前往觀察並無發現海膽蹤跡，並於此區域大範圍面積內進行野生海膽捕捉，僅捕獲 8 顆，本研究放流之馬糞海膽體型為平均殼徑 5.26 ± 0.28 公分，較參考文獻中日本於今婦人村海域所放流之馬糞海膽平均殼徑 2.72 公分大近兩倍，故活存率與回捕率應更高，而經開船載研究人員前往放流的船長表示，在放流後到前往觀察的這段期間，常可看到漁民在放流地點捕撈海膽，因此極可能因人為的捕捉導致無法觀察到海膽，而馬糞海膽於天然海域從孵化後成長到可供捕捉之體型約需半年就可達到，目前澎湖縣政府僅規定每年的國曆 6~9 月為馬糞海膽的禁捕期，本研究於 98 年 10 月 31 日進行放流，並於隔年 4 月 20 日再行前往調查，推測在這半年禁捕期間因部分漁民未確實遵守馬糞海膽的禁捕期於該海域捕撈，導致放流成效無法評。由於馬糞海膽為一高經濟價值之養殖物種，因此每年採捕期皆被大量捕捉，導致澎湖縣海域馬糞海膽資源逐年枯竭，因此需要政府單位與民間共同確實執行以維護資源保育，相關政府單位應更加積極落實推動海膽資源保育措施，同時配合人工繁殖放流海膽幼苗以達到復育資源之目的。

第五章 結論與建議

一、馬糞海膽種苗量產模式

- (一)以本研究所建立之馬糞海膽量產模式可確實應用在種苗實際量產上，以每年十萬顆馬糞海膽為生產目標，在此模式養殖下，經過 22 天即可培養出一批八腕期幼苗，養殖時間短，因此可降低養殖成本，而變態後之海膽以本場所使用之附苗板進行著苗有良好的附著效果，且單位面積生產量大，一噸的附苗桶在最好的情況下約可附著五千隻以上的海膽幼苗，且附著後之養殖方式容易。
- (二)由於目前馬糞海膽幼苗以本研究的培育方式可獲得較大量的八腕期幼苗，但目前 3%的活存率仍有進步的空間，未來可以改善的方式包含適當的使用水產藥物以提高幼苗的活存率、不同的水溫以及光照等環境物理因子對幼苗成長的影響以及其他浮游性藻類投餵對於促進海膽幼苗成長的效果等皆需加以研究，而對於八腕期幼苗要變態成為附著性稚海膽時偏低的活存率，未來還可以改善的目標包含水溫對於變態率的影響、不同的化學藥劑種類例如氯化鉀(KCL)在不同濃度刺激下是否能夠幫助變態率提高以及浪板上培養不同的附著性藻類對於誘引海膽變態的效果等加強研究。

二、馬糞海膽人工養殖方式

因本研究顯示馬糞海膽在通樑海域以箱網養殖方式有較佳的活存率以及成長數據，表示馬糞海膽以海上箱網養殖之方式是可行的，若要在箱網養殖區進行海膽養殖，應避免設置於水質較差區，以免影響海膽成長，且應避免螃蟹等天敵入侵養殖箱網攻擊海膽，導致較低的活存率，而若要從事陸上水泥池養殖，則應考量新建水泥池以及電費等成本考量，且應避免氣候影響水質條件導致海膽排精排卵而影響整體成長及成熟度，而未來可以朝向設計不同養殖籠具以防止海膽的敵害生物入侵(圖二十六)、調查並統計適合海膽生長的海域的各項水文資料以及試驗人工飼料對於成體海膽生殖腺肥育的可行性。

三、馬糞海膽放流成效探討

本研究顯示放流馬糞海膽對於天然資源量的復育有其一定的成效，而決定放流效果的重要因素計有：種苗的質量、放流海域的環境條件與漁業管理制度是否能夠

落實，在能保證種苗量產的前提下，選擇海底底質應為岩礁或者有石塊分佈的礫石底質，並有適於海膽附著及棲息隱蔽的場所，且放流海域海底應有適於海膽攝食的藻類，再利用標識放流的技術應用在海膽放流上，經由完整且落實的漁業資源管理政策，朝向社區漁業自主管理的方向努力，必可達到復育及增進海膽漁業資源的目的。

參考文獻

1. 日本農林水產省官方網站(<http://www.maff.go.jp/>)。
2. 西 広海，原田彰久，松元則男，2000。シラヒゲウニの種苗生産及び放流技術開発。資源添加向上技術開発事業報告書（平成 12 年度）。
3. 李坤瑄，陳章波，1994。台灣常見的棘皮動物。國立海洋生物博物館籌備處。
4. 林順康，1995。紫海膽 *Anthocidaris crassispina* 和口鰐海膽 *Stomopneustes variolaris* 的生殖週期和晚期幼生餌料實驗。國立台灣大學碩士論文。
5. 酒井永一，表谷光剛，阿部博辛，2004。ウニ類の幼生飼育，採苗技術の効率化メソッド。北海道栽培漁業振興公社杜鹿部事業所(報文番號 B2246)。
6. 張秉宏，2004。馬糞海膽 *Tripneustes gratilla*(Linnaeus)繁養殖技術之開發。國立屏東科技大學水產養殖研究所碩士論文。
7. 遠藤敬，西洞孝広，2008。ウニ放流技術に関する研究。岩手県水産技術センター年報(番號: Z0268A)。
8. 趙世民，2005。墾丁國家公園海域底棲無脊椎動物之變遷--以棘皮動物為例。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
9. Chen, C. P. 1989. Reproductive biology of echinoderms in Taiwan. Acta Oceanographic Taiwanica 24: 133-138.
10. Chen, C. P. and Chang, K. H. 1989. Reproductive periodicity of the sea urchin, *Tripneustes gratilla*(L.) in Taiwan compared with other regions. Internat. J. Invertebr. Reprod. 3: 309-319.
11. Cruz-Garcia, C. De La., Lopez-Hernandez, J. And Gonzalez-Castro, M.J., De Quiros, A.R.B. and Simal-Lozano, J., 2000. Protein, amino acid and fatty acids contents in raw and canned sea urchin(*Paracentrotus lividus*) harvested in Galicia (NW Spain). J. Sci. Food Agric., 80:1189-1192.
12. De Jong-Westman, M., March, B.E., Carefoot, T.H., 1995. The effect of different nutrition formulations in artificial diets on gonad growth in the sea urchin *Strongylocentrotus drobachiensis*. J. Zool. 73, 1495-1502.

13. Hagen, N.T., 1996. Echinoculture: from fishery enhancement to closed cycle cultivation. J. World Aquacult. Soc. 27, 6-19.
14. Kearns, J.P., Lawrence, J.M., 2002. Commerical feeds for the sea urchin. Aqua. Feed. International. 26-30.
15. Keesing, J.K., Hall, K.C., 1998. Review of harvests and status of world sea urchin fisheries points to opportunities for aquaculture. J. Shellfish Res. 17, 1597-1604.
16. Lawrence, J.M., Agatsuma, Y., 2001. The ecology of *Tripneustes*. In: Lawrence, J.M., (eds), Edible Sea Urchin: Biology and Ecology. EISEVIER SCIENCE B.V. Amsterdam, The Netherlands, pp 395-413.
17. Ogden, J.C., Brown, R.A., Salesky, N., 1973. Grazing by the echinoid *Diadema antillarum* Phillippi: formation of halos around West Indian path reefs. Science 182, 715-717.
18. Satio, K. 1992. Japan' s sea urchin enhancement experience. In: Anonymous. The management and enhancement of sea urchins and other kelp bed resources: a Pacific rim perspective. Report No, T-CSGCP028. California Sea Grant College, University of California, La Jolla.
19. Unuma, T., 2002. Gonadal growth and its relationship to aquaculture in sea urchin. In: Yokota, Y., Matranga, V., Smolenicka, Z.,(eds). The sea urchin: from basic biology to aquaculture. Swets and Zeitlinger B.V. Lisse, The Netherlands, pp. 155-127.
20. Walker C.W., Unuma, T., McGinn, N.A., Harrington, L.M., Lesser, M.P., 2001. Reproduction of sea urchins. In: Lawrence, M., (eds). Edible sea urchin: Biology and ecology. Amsterdam. Elsevier. pp. 5-26.

附錄

表一:馬糞海膽實驗前後殼徑及體重變化:

各組別	初殼徑(公分)	初體重(公克)	末殼徑(公分)	末體重(公克)
通樑組	3.57±0.39	20.2±2.18	7.26±0.42	157.67±28.16
竹灣組	3.5±0.41	19.62±3.11	7.01±0.48	158.13±31.95
種苗場組	3.49±0.33	20.38±2.69	7.01±0.49	141.56±22.02

表二:馬糞海膽之殼徑成長率、增重率、生殖腺指數及活存率:

各組別	增長率(%)	增重率(%)	生殖腺指數(%)	活存率(%)
通樑組	103.36±19.11	680.54±48.16	10.07±3.45	66
竹灣組	100.29±16.54	705.96±39.21	7.61±3.18	37
種苗場組	100.86±17.37	594.6±44.38	7.85±2.15	53

表三、九十八年十二月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄												
調查資料：98 年 12 月份												
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	3.9	19	3.3	18	3.2	14	3.3	20	3.5	14	2.9	12
2	3.4	14	4.7	42	4.3	30	3.9	28	3.5	18	4.3	32
3	3.3	16	3.8	20	3.8	22	4.2	34	4	24	3.8	30
4	3.6	18	3.9	33	3.7	20	3.7	22	4.2	28	3.5	22
5	3.9	22	3.3	18	3.8	20	3.8	28	4.1	30	3.9	28
6	3.3	14	3.1	14	3	12	3.2	19	3.7	24	3.6	20
7	3.3	14	2.6	14	3.2	18	2.8	16	4	26	3	12
8	3.5	18	2.6	12	3.2	18	4.8	50	4.2	30	3.5	20
9	4	28	3.2	16	2.7	10	2.8	11	3.8	20	3.4	20
10	2.8	10	3.6	26	3.1	14	2.9	14	3.6	22	3.3	18
11	4.2	30	3.5	22	3.2	14	2.8	14	3.5	20	2.9	12
12	4	24	3.9	30	3.7	22	3	18	4	24	3.2	18
13	3.9	27	3.9	28	3.9	24	2.7	14	4	26	2.6	9
14	2.9	12	4.5	39	3.5	22	3	14	3.5	18	4.2	30
15	3.1	14	3.3	18	4	24	3.3	20	3	16	3.3	18
16	3.6	20	3.7	28	3.7	20	3.3	19	3	12	3.3	18
17	3.2	20	3.3	18	3.4	18	3	18	2.8	10	2.9	10
18	3.2	18	4.4	36	2.8	10	3.4	19	3.6	22	2.8	12
19	4.2	28	3.7	22	2.8	10	2.3	8	3.9	26	3.4	20
20	4.4	35	3.9	26	3.2	14	2.8	10	2.8	19	2.8	12
21	3.7	20	3.1	14	3.2	14	2.8	10	2.5	9	3.2	16
22	3.1	14	2.7	9	3.2	14	2.8	11	2.9	14	3	16
23	3.6	22	3.7	25	3	14	3.1	12	2.9	12	3.8	22
24	4.1	30	4.2	34	3.5	20	3.1	16	3	14	3.8	28
25	3.7	20	3.2	16	3.4	18	2.8	10	3.8	24	3.5	22
26	3.2	14	3.2	16	3.4	20	3.2	18	3.7	22	3.4	18
27	3.9	24	3.6	20	3.7	24	2.8	10	4.1	38	4.3	32
28	3.2	16	2.9	14	3.7	22	3.1	16	3.8	24	4.5	38
29	3.6	26	4.2	36	3.8	24	2.3	8	3.9	30	4.4	36
30	3.9	26	2.9	12	4	30	3.4	18	3.4	19	3.2	14
31	3.6	18	3.1	14	3.8	24	3.1	18	4.3	30	3.6	20
32	3.9	27	3.7	23	3.8	26	3.4	18	3.2	16	2.6	10
33	4.2	34	2.5	9	3.8	22	3.5	19	3.7	20	2.7	10
34	3.5	20	3.8	27	3.3	18	3.1	12	3.9	24	3	12
35	3.6	20	2.6	8	3.5	18	3	12	3.4	20	2.6	10
36	3.8	22	3.2	18	3.6	20	3.5	20	3.2	20	2.8	12
37	3.3	12	2.8	12	3.9	12	2.8	16	3.7	24	4.2	28
38	3.3	14	3.2	16	3.8	26	4	30	2.7	10	4.3	40
39	3.3	16	2.7	10	4.2	36	2.7	10	2.9	12	3.6	20
40	3.4	18	3.2	18	3.4	18	2.7	10	2.9	12	2.9	12
41	3.6	22	3.1	16	3.9	23	2.4	8	3	15	3.6	20
42	3.6	21	3.7	24	3.1	18	3	14	3.7	24	3.7	20
43	3.3	17	3.2	20	4.1	30	2.9	14	3.2	15	3.6	20
44	3.8	24	3.6	23	3.4	20	3.5	22	3.5	22	3.7	20
45	3.2	18	3.7	23	3.4	20	3.8	28	3.2	20	3.4	19
46	4.2	28	2.7	14	3.4	20	3.8	32	3.5	18	3.5	20
47	3.2	15	3.2	18	3.7	20	3.4	29	3	14	3	12
48	3.5	19	3.5	19	3.5	20	2.8	11	3.9	28	3	12
49	3.2	15	3	14	3.4	20	3.5	26	3.5	22	2.9	10
50	3.4	17	3.4	20	3.1	14	2.8	10	3.4	18	3.5	20
平均	3.57	20.20	3.40	20.44	3.50	19.62	3.16	17.68	3.49	20.38	3.40	19.24

表四、九十九年一月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄												
調查資料：99 年 01 月份												
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	4.4	34	4.6	40	3.9	22	2.3	50	4	26	4.2	32
2	3.6	20	4.6	40	4.4	34	3.2	14	4.3	36	4.4	38
3	3.6	18	3.5	22	3.7	20	3.1	12	4.3	32	4.8	40
4	3.8	22	2.9	10	4	26	4.5	34	4.4	40	4.4	38
5	3.7	20	4.1	28	3.9	26	3.9	28	5.1	50	4.5	36
6	3.2	14	3.5	18	4.6	40	3.7	24	4.2	35	4.4	38
7	3.2	14	3.8	24	4	20	4.4	38	4.3	32	4.3	40
8	3.7	24	3.9	22	3.6	18	4.2	30	5	46	4.4	34
9	3.5	22	3.1	14	4.2	22	2.8	10	4.8	42	4.8	48
10	4.3	30	4.8	40	3.8	20	3.7	20	4.7	38	4.5	40
11	4.8	38	3.3	18	3.8	20	2.6	7	3.6	20	3.4	20
12	3	8	3.5	20	3.8	22	3.6	20	4.3	32	4.6	42
13	3.7	24	3.6	22	4	26	2.7	8	3.6	20	5.1	48
14	3.7	22	4.5	30	4	26	3.6	18	4.1	30	4.3	38
15	3.2	16	4.3	30	4.3	30	3.3	16	3.6	24	4.6	38
16	3.6	18	4.2	18	4	26	4.3	32	3.2	16	4.5	48
17	3.8	20	4.6	30	3.6	18	3.7	18	4.3	32	4.5	36
18	4.4	32	4	42	3.7	20	4.7	42	3.7	22	4.3	42
19	3.9	28	3.4	28	4.2	32	3.1	12	4.4	38	5.2	52
20	3.5	20	3	18	3.8	20	3.2	14	5.2	58	4.2	40
21	3.5	22	3.8	12	3.6	20	3	12	4.4	38	3.6	20
22	3.4	18	3.8	30	4.3	28	3.6	14	4.3	54	4.3	36
23	4.3	30	3.6	20	3.7	20	3.4	15	4.3	34	5	48
24	3.2	18	4.6	22	3.2	10	3.8	20	4.5	42	3.8	26
25	4.3	32	3.4	42	3.8	26	3.8	22	4.2	30	3.6	26
26	4.5	38	3.4	16	4.6	38	3.5	14	3.2	17	4.8	50
27	3.7	22	4	18	3.5	12	4.5	32	4.2	34	4.5	42
28	3.5	20	3.6	30	4	22	3.5	16	4.4	36	3.7	22
29	4.2	34	3.4	26	4	30	4.1	24	3.8	28	4.1	32
30	3.4	22	4.4	20			3	8	3.3	19	4.3	30
31	3.4	20	3.9	38			4.5	36	3.6	20	3.9	28
32	4.2	32	4	30			3.3	18			4.7	44
33	4.2	34	3.6	28			3.5	21			4.4	34
34	3.3	16	2.8	18			3	16			4.8	42
35	3.7	22	4.2	10			3.2	14			3.2	18
36	3.2	18	3.8	38			3.5	18			3.9	26
37			3.6	22			3.2	12				
38			4.2	22								
39			3.7	26								
40			3.5	20								
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	3.74	23.39	3.81	25.05	3.93	23.93	3.54	20.51	4.17	32.94	4.33	36.44

表五、九十九年二月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄												
調查資料：99 年 02 月份												
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	5.6	62	5.1	52	5	46	4.2	32	6.4	105	5.6	78
2	4.9	52	5.6	70	4.5	40	4.8	46	4.1	38	5.7	82
3	4.6	40	4.7	46	4.3	40	4.4	38	4.6	40	5.2	38
4	5	50	5	58	4.5	38	4.3	36	5	60	5.2	60
5	5.4	60	4.8	56	4.8	42	5.3	66	5.5	70	5.3	68
6	4.4	42	4.4	44	4.9	38	5	62	5.1	52	5.3	66
7	3.7	22	4.2	38	4.3	32	4.9	50	6	88	4.9	44
8	4.6	44	4.7	50	4.6	42	5.4	58	5.6	76	5.6	68
9	4.3	38	4.9	56	4.6	42	4.9	48	5.4	68	5.4	82
10	4.4	42	5.3	60	4.3	30	4.4	38	5.4	70	5.8	88
11	4.8	46	4.3	42	4.2	32	4.5	42	5.5	62	5.4	80
12	4.5	48	4.8	52	4.7	40	4.8	38	6	88	6	96
13	4.3	32	4	38	4.4	36	4.5	38	6.1	100	5.1	56
14	5	52	5	62	4.2	32	4.8	40	5.7	82	4.9	52
15	4.4	44	5.1	70	4.4	30	4.3	30	5.1	58	6.3	90
16	4.5	38	4.5	40	5.1	38	4.1	30	5.7	82	6.2	78
17	4.8	46	4.3	36	4.7	46	5	50	5.5	68	5	62
18	4.3	36	4.5	46	4.9	50	4.5	38	4.7	40	5.6	78
19	5.3	62	3.5	28	5.2	58	4.1	28	4.2	60	5.9	82
20	5.6	70	5.4	72	4.8	44	3.9	24	4.7	42	5.2	64
21	4.7	44	4.5	38	3.9	26	3.5	20	5.3	66	4.7	52
22	4	30	4.2	36	5.2	58	4.3	34	5.3	64	5.4	74
23	4.4	40	4.9	58			3.8	22	5.8	86	5.6	70
24	4.8	54	4.7	48			4	28	5.3	58	5.9	82
25	5.2	64	5.3	66			4.1	32	6.1	84	5.2	80
26	5.3	62	4	32			3.8	22	4.7	52	5.6	74
27	4.5	44	5.3	60			4.2	30	5.2	62	5.6	80
28	4.8	42	4	34			3.2	20			5.5	70
29	4.4	38	5	54			4.1	32			5.9	84
30	4.3	38	4.1	40			3.7	22			5.5	70
31	4.9	50	3.9	30			3.4	18			6.1	92
32	4.6	44	5.3	62			3.7	28			6.3	100
33	5.7	74	5	58			4	34			5.8	76
34	4.4	38	4.6	44			4.2	38			5.2	60
35			4.8	50			4	30			5.4	68
36			4.8	46							5.6	88
37			5.5	68							5.9	82
38			4.9	48							5	56
39			4.2	50								
40			4.3	32								
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	4.72	46.71	4.69	49.25	4.61	40.00	4.29	35.49	5.33	67.44	5.52	72.89

表六、九十九年三月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄												
調查資料：99 年 03 月份												
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	6	102	5.1	60	5.2	60	4	32	5.6	78	6.2	102
2	5.5	78	4.7	56	5.6	86	4.9	38	6	88	6.9	130
3	5.3	76	4.8	52	5.6	82	5	60	6.4	114	6.3	112
4	5.1	64	5.4	88	5	60	5.2	68	5.3	72	5.2	66
5	6	104	5.1	72	5.1	70	4.8	64	7.1	150	5.7	78
6	4.6	38	5.8	88	5.1	64	5.3	68	6.1	100	6.2	112
7	5.5	82	6.3	116	4.9	62	5.9	90	6.8	124	6.5	108
8	5	58	5.8	94	5.2	64	5.3	72	6.5	106	5.5	98
9	5.7	84	4.5	36	4.7	50	4.8	52	5.8	84	5.4	86
10	5.1	68	5.7	96	4.9	54	5.2	70	5.9	88	5.8	90
11	6.2	104	5.7	90	4.8	60	4.4	44	5.4	70	6	92
12	5.2	60	5.4	80	4.4	44	4.3	34	5.4	72	6.2	108
13	5.3	78	5.8	96	5.7	80	4.4	40	5.6	92	6.4	116
14	5.3	84	4.9	52	5.1	60	4.3	42	5.7	94	5.9	90
15	5.8	86	6.4	108	5.3	76	5.3	72	5.8	90	6.4	114
16	4.7	38	4.5	34	6.2	100	4.9	60	6.3	114	5.5	90
17	6.6	114	4.8	60	5.4	64	5.3	68	6.7	130	5.2	78
18	6.2	102	5.8	96	5.1	64	5.8	98	6.4	112	5.7	86
19	5.1	74	5.3	78	5	78	5	64	5.9	92	6.2	104
20	5	70	5	90	5.1	66	4.3	42	5.7	90	6.6	120
21	4.9	56	5.2	70	5.6	76	5	68	5.6	86	5.5	80
22	5.1	60	6	102	5.5	75	5.4	74	6.5	118	6.1	110
23	5.1	66	5.7	86			5.4	68	5.9	90	6	110
24	5.7	78	6.2	112			5.9	92	5.2	76	5.6	94
25	4.8	60	6	110			5.5	92	6.9	122	5.6	90
26	5.2	66	6.1	108			5.2	74	6	94	6.4	120
27	5.8	88	5.8	80			4.8	62	5.7	80	6	104
28	4.8	62	4.9	66			4.3	36			5.3	68
29	5.4	72	5.4	74			4.6	52			6.4	120
30	5.4	72	5	70			4.7	52			5.5	82
31	5	58	5.5	80			4.4	44			6	98
32	6	98	6.1	88			4.9	54			6.3	108
33	5.6	84	4.8	62			4.4	52			6.2	110
34	5.8	96	5.5	84			4.2	32			5.9	100
35			5.4	82			5.5	74			6.5	108
36			6	94			5	64			6.3	124
37			5.3	76							6.8	132
38			5.2	70							6.5	126
39			5	60								
40			6.1	96								
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	5.41	75.88	5.45	80.30	5.20	67.95	4.93	60.22	6.01	97.26	6.02	101.68

表七、九十九年四月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄						調查資料：99 年 04 月份						
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	5.6	100	5.5	90	6.5	115	6.7	120	7	110	6.5	125
2	6	120	6.5	130	5.5	80	6	120	6.7	115	6.5	170
3	6.7	150	6.9	150	6.2	120	6.2	118	7.5	200	6.8	132
4	5.8	120	6	100	5.8	110	4.7	60	7.2	160	6.8	120
5	6.8	150	5.6	80	6.4	135	4.8	60	6.8	122	6.1	133
6	5.7	105	5.8	100	6.2	125	5.9	110	7	150	7	168
7	6	110	6.3	120	6	95	6.6	128	6.7	130	6.6	148
8	5.4	95	6.2	95	5.4	90	6.9	165	6.5	132	6.4	140
9	7.3	160	6.4	120	4.4	45	5.2	60	7	160	6.5	120
10	6.4	120	6.5	130	6	125	5	60	5.8	110	6.5	128
11	6.7	160	6.3	130	6.4	125	6.3	105	6.4	122	6.6	132
12	6.3	140	6.4	140	6.4	125	6	110	6.6	130	6.6	152
13	6.8	160	5.7	90	5.2	65	5.9	110	6.2	125	6.3	130
14	5.7	100	5.8	100	5.6	70	5.2	85	5.8	112	6.5	140
15	6.6	140	6.2	130	5.1	70	6.1	115	6.3	100	6.5	132
16	6.7	135	6.2	130	6.3	140	5.6	92	6.4	138	6.8	165
17	6.1	120	6.5	150	5.6	100	6.3	105	5.5	120	6.7	152
18	5.6	120	6.6	140	5.6	90	5.6	80	4	113	6.4	135
19	5.3	100	6.1	140	6.1	125	6.6	135	7	158	6	118
20	6.2	130	5.6	90	6.7	145	5.4	85	6.4	122	6.8	160
21	5.7	110	5.4	85	7.1	185	6.4	125	6.2	125	6.2	108
22	5.9	115	5.3	95	5.9	110	6.3	130	6.5	140	6.2	110
23	6.2	120	6.6	140			4.9	55	6.7	142	6.2	120
24	5.8	125	6.4	125			4.5	40	6.5	118	6	108
25	5.7	100	6.3	120			5.1	65	5.3	132	7.2	168
26	5.4	95	5.7	120			6.7	145	4.2	122	6.7	150
27	6	100	6.7	160			6	110	6.5	135	6.2	130
28	5.6	105	6.1	130			6.5	130			6.4	138
29	5.8	115	5.4	100			5.4	90			7	150
30	5.1	80	6.9	160			6.5	125			6	83
31	6	120	6.3	115			5.6	105			6.2	123
32	6.2	115	5.5	95			5.2	115			7.3	172
33	6.8	175	5.8	100			6.3	110			6.2	108
34			7.1	180			5.4	9.5			6.2	120
35							6	105			6.2	122
36							6.3	120			7	150
37											6.6	130
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	6.06	121.52	208.60	4,080.00	5.93	108.64	6.30	120.00	6.32	131.22	8.91	134.86

表八、九十九年五月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄						調查資料：99 年 05 月份						
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	7.9	180	7.2	160	7.3	170	6.4	115	7.2	140	7.2	170
2	7.4	140	7.3	180	7.2	180	7	155	7.2	140	7.8	155
3	7.9	170	6.7	140	6.6	100	5.8	80	7.2	150	7.1	130
4	6.6	90	6.8	150	7	140	6	90	7.2	140	7.3	135
5	6.7	100	6.8	140	7.3	80	5.6	80	7	140	6	80
6	7.1	130	6.6	130	7	150	7	140	7.1	135	7	140
7	7	140	6.8	120	7.4	150	6.5	100	7.2	130	7.2	130
8	6.5	100	7.8	180	7.2	130	6.8	120	6.6	120	6.7	115
9	7.2	140	6.6	110	7.5	180	7.2	145	7.4	155	7	135
10	6.8	120	6.5	115	6.5	105	6.8	130	7.4	160	7.1	140
11	7.3	130	6.4	110	5.9	80	6.6	120	6.7	120	6.2	100
12	6.8	145	6.3	110	6.7	140	7.2	150	6.7	120	6.5	105
13	7.5	150	8	190	5.3	50	7.8	125	6.5	125	6.7	120
14	7	130	7.1	150	6.5	125	7.8	180	7.5	165	7.1	150
15	7.3	150	6.8	130	6.2	100	5.8	80	7.2	170	6.7	120
16	6.5	100	6.8	145	6	90	6.2	100	6.8	125	6.5	110
17	7.5	150	6.8	120	7.2	160	6.8	140	7.3	140	7.2	160
18	7.4	130	7.2	180	6.1	120	7.2	180	7	135	6.7	110
19	7.5	150	6.1	100	6.6	110	6.8	130	6.8	140	6.9	125
20	6.7	115	6.4	105	6.6	130	6.3	90	6.9	105	6.4	110
21	8	170	6.4	125			7	130	6.8	140	7.1	170
22	7.4	175	6.4	140			7.3	170	6.9	105	6.9	130
23	7.3	110	7.2	140			7.2	145	6.8	140	6.8	130
24	6.7	110	6.7	120			6.8	120	6.7	125	6.9	130
25	6.7	120	6.4	120			5.4	60	6.6	125	6.6	110
26	6.3	105	7.8	170			6.2	130	6.6	125	7.4	135
27	6.3	120	6.2	80			6.8	130	8.1	200	6.9	120
28	6.3	125	7.2	160			5.5	70			7.5	170
29	6.9	100	6.4	100			6	70			6.4	100
30	7	150	6.8	120			4.8	50			6.9	130
31	7	130	6.6	110			6.6	130			7	130
32	7.4	180	7.4	150			7.3	150			7.6	140
33	7.2	150	7.2	140			7.2	150			6.7	130
34							6.5	145			7.3	145
35							7	140			7.2	155
36											7.7	170
37											6.9	120
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	7.06	133.48	6.84	134.55	6.71	124.5	6.61	121.14	7.89	154.79	7.56	142.79

表九、九十九年六月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄						調查資料：99 年 06 月份						
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	8.1	200	7.4	160	7.7	170	7.2	150	7.2	150	7.2	140
2	6.8	135	7	130	7.4	175	6.7	140	7.3	135	7.4	150
3	7	150	7.3	160	7	140	6.7	135	7	135	7	130
4	7	180	7.2	150	6.6	120	7	150	7.2	130	6.8	120
5	6.5	130	7	155	7.8	200	7.3	150	7.5	130	6.7	120
6	2.2	190	6.7	135	7.3	140	6.9	130	7.8	152	7	110
7	8.7	220	7.4	185	6.4	100	7.7	180	7.3	150	6.7	120
8	6.4	120	7.2	160	7.6	180	6.2	90	7.5	140	6.8	130
9	6.4	125	8	220	5.9	90	6.6	120	7.2	145	7	140
10	7	150	7.5	150	6.6	110	6.5	110	6.8	120	7.2	150
11	6.9	145	7.1	145	7	145	7.1	160	6.7	120	7.5	140
12	7.2	130	7.4	160			7.3	165	6.6	120	7.8	165
13	7.6	170	6.6	120			7	135	7.1	140	6.7	120
14	7.9	195	6.6	130			7.3	185	7.3	130	7.4	185
15	7.8	175	7.1	150			7.1	150	8.7	220	7.1	135
16	7.9	185	6.6	170			5.9	95	7.3	152	7.1	150
17	7.7	155	7.2	150			5.9	75	7.8	180	7	130
18	7.6	155	7.6	165			6.9	130	7.1	130	6.9	120
19	8	210	7.5	160			6.9	145	7.4	155	7.5	160
20	6.6	115	7.7	170			7	130	7.2	130	7.1	140
21	6.7	130	7.5	150			5.9	90	7.7	150	7.2	120
22	7.8	170	6.8	130			6.1	90	6.9	130	7.2	135
23	7.2	160	7.2	120			6.8	125	7.6	165	7.4	160
24	7.3	160	7.7	190			6.9	145	7.7	155	7	130
25	7	155	6.7	135			7.4	145	6.8	120	6	90
26	6.9	185	7.2	160			7.8	190	7.4	145	7	140
27	8.5	200	2.8	180			7.1	155			6.5	100
28	7.8	165	6.5	110			7.2	150			6.8	130
29	7.4	145	8	170			7	130			7.4	170
30	7.2	145	7.8	180							7.5	180
31	7.5	180	7.2	140							6.6	105
32	7.2	150	7.9	190							7.3	130
33	7.1	155	7.9	135							6.7	105
34											7.4	160
35											7.8	180
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	7.18	161.67	7.13	155	7.03	142.73	6.88	123.28	7.31	143.42	7.08	136.86

表十、九十九年七月份海膽養殖實驗紀錄：

澎湖縣不同海域白棘三列海膽人工養殖實驗紀錄						調查資料：99 年 07 月份						
編號	(通樑) A-1 實驗組		(通樑) A-2 對照組		(竹灣) B-1 實驗組		(竹灣) B-2 對照組		(繁殖場) C-1 實驗組		(繁殖場) C-2 對照組	
	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)	殼徑 (cm)	體重 (g)
1	7.3	160	7.5	160	6.7	130	7	160	7.5	155	7.2	162.5
2	7.6	195	7.7	180	7.3	165	7.4	197.5	7	130	7.9	170
3	7.25	190	8.3	240	7.9	222.5	7.4	187.5	7.4	135	7	150
4	7.9	190	6.9	140	6.9	145	6.5	130	7.1	147.5	5.7	140
5	7	132.5	7.1	150	6.4	120	6.8	135	7.7	190	7.3	157.5
6	7.15	147.5	7.2	165	7.2	175	7.1	172.5	6.9	120	6.9	162.5
7	7.3	157.5	7.1	150	7.7	200	6.9	170	7	120	6.8	142.5
8	7.3	180	7.4	160	7.2	162.5	6	105	7.2	150	6.8	127.5
9	7.6	180	7.2	155	7.7	217.5	7.3	177.5	6.2	120	7.2	152.8
10	7.4	157.5	7	130	7.1	157.5	7.3	175	6.9	125	6.9	147.5
11	7.7	217.5	7.6	162.5	6.2	107.5	6.9	142.5	7.3	145	7	140
12	7	137.5	7.7	172.5			7.3	195	7	130	8	197.5
13	7.1	137.5	6.5	97.5			6.9	147.5	7.1	162.5	7.2	150
14	6.5	127.5	6.8	122.5			6.8	155	6.7	122.5	6.9	132.5
15	7	150	6.6	117.5			7	157.5	7.6	180	7	150
16	7	147.5	7.6	157.5			6.6	130	7.7	175	6.9	140
17	7.5	180	6.9	140			6.3	112.5	7.4	160	6.5	122.5
18	6.9	130	6.9	130			7	160	7	132.5	6.7	132.5
19	7.8	192.5	7.7	170			7.3	175	6.4	107.5	7.7	160
20	8	240	7.2	165			6.5	112.5	7.1	125	6.5	122.5
21	6.9	150	7.2	142.5			7	150	6.5	122.5	6.8	117.5
22	7.5	172.5	7.4	165			7	150	7	137.5		
23	7	160	7.2	137.5			6.8	155	7.9	180		
24	7	150	7.2	150			6.5	145	6.9	105		
25	7.4	160	7.7	162.5			6	105	6.7	117.5		
26	7.6	190	7.2	130			7.5	160	7.2	147.5		
27	8	212.5	7.4	162.5					6.7	110		
28	7.8	195	6.5	117.5					7.6	170		
29	7.9	167.5	7	125					6.9	130		
30	7.9	200	7.4	167.5					5.7	85		
31	6.6	115	7.7	167.5					6.4	97.5		
32	7.3	155	6.7	110					6.9	135		
33	6.6	117.5	6.5	117.5								
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
平均	7.33	166.52	7.21	149.09	7.12	163.86	6.89	152.40	7.02	136.56	7.00	146.56

圖一、蓄養馬糞海膽之豐年蝦桶:



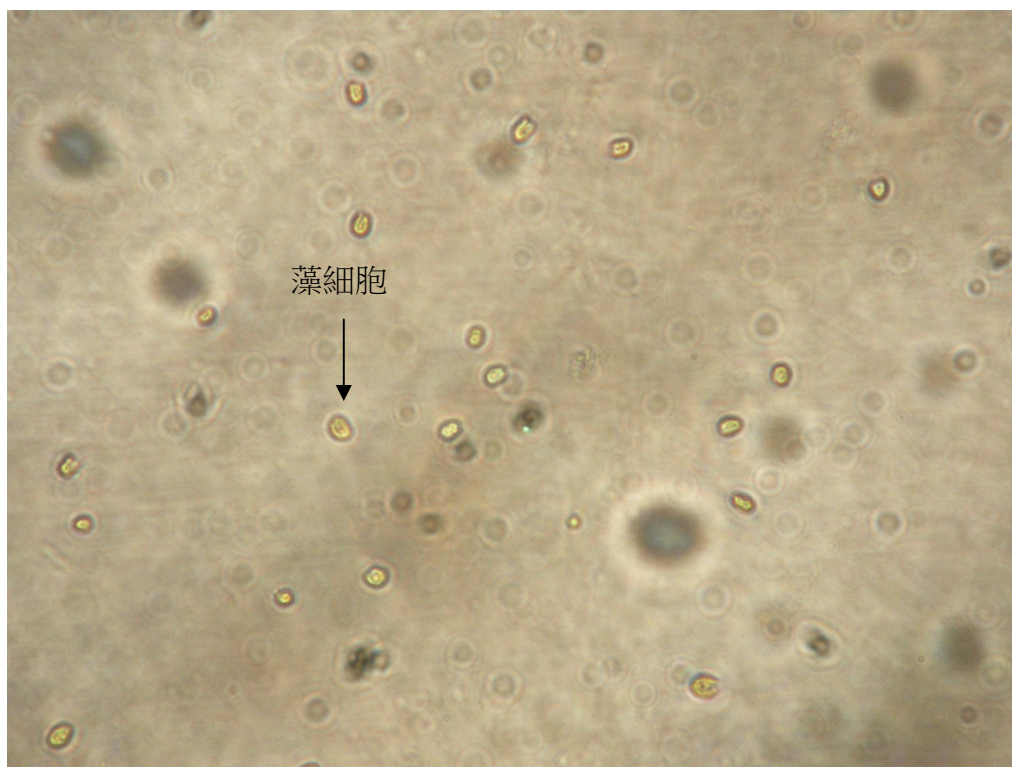
圖二、海水過濾設備:



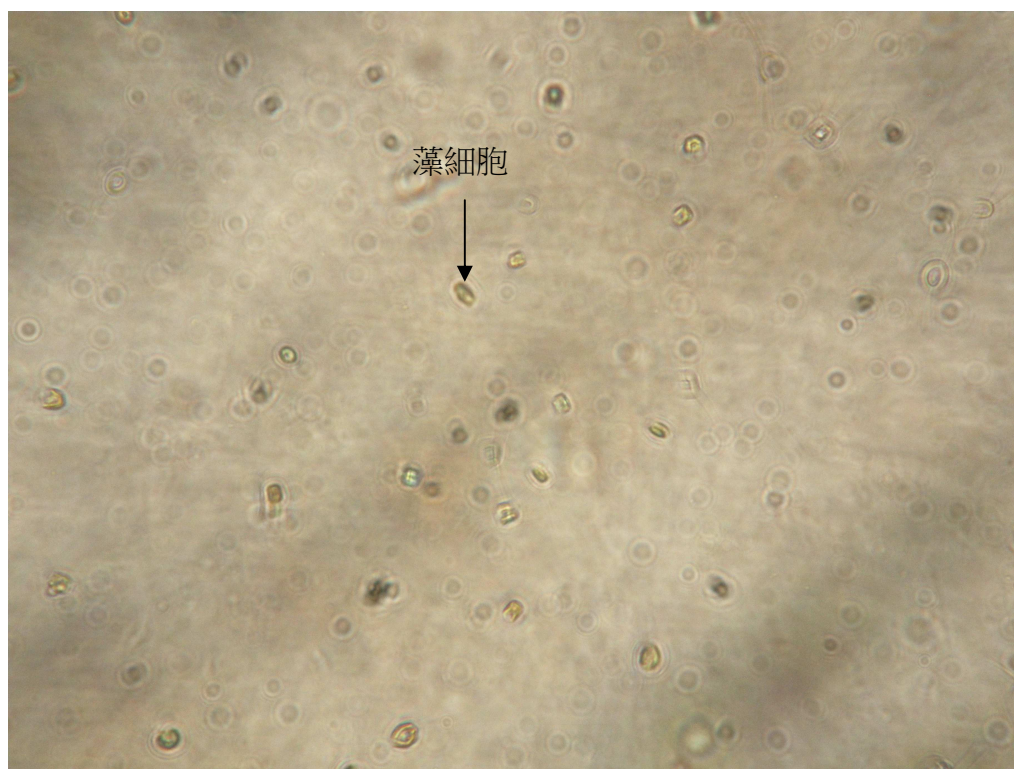
圖三之一、投餵海膽之浮游性藻類:



圖三之二、東港等邊金藻(Isochrysis):



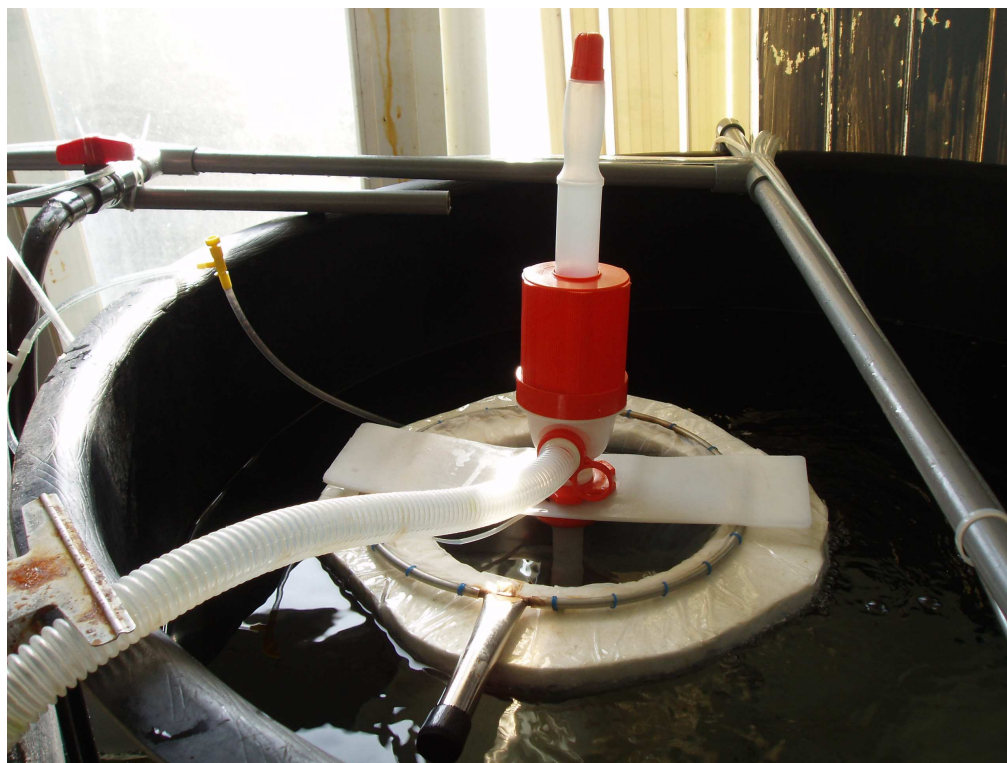
圖三之三、角毛矽藻(Cheatoceros):



圖四之一、海膽幼苗換水器具:



圖四之二、海膽幼苗換水:



圖四之三、蓄養馬糞海膽之圓形平底桶:



圖五、供海膽變態附著時使用之浪板:



圖六、養殖籠具:



圖七、挑選海膽置入籠內:



圖八、養殖地點:



圖九、每個月測量各不同處理組之殼徑及體重:



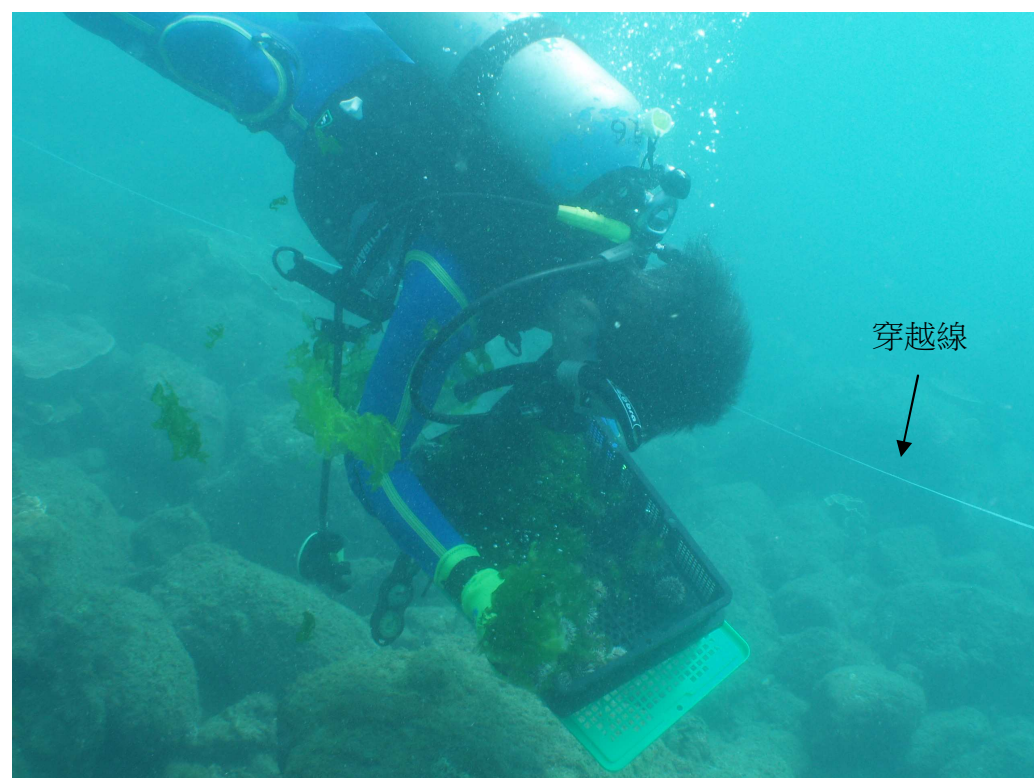
圖十、測量生殖腺指數:



圖十一、放流地點:



圖十二之一、以潛水方式進行穿越線測量法:



圖十二之二、以潛水方式進行馬糞海膽人工放流:



圖十二之三、進行放流之馬糞海膽:



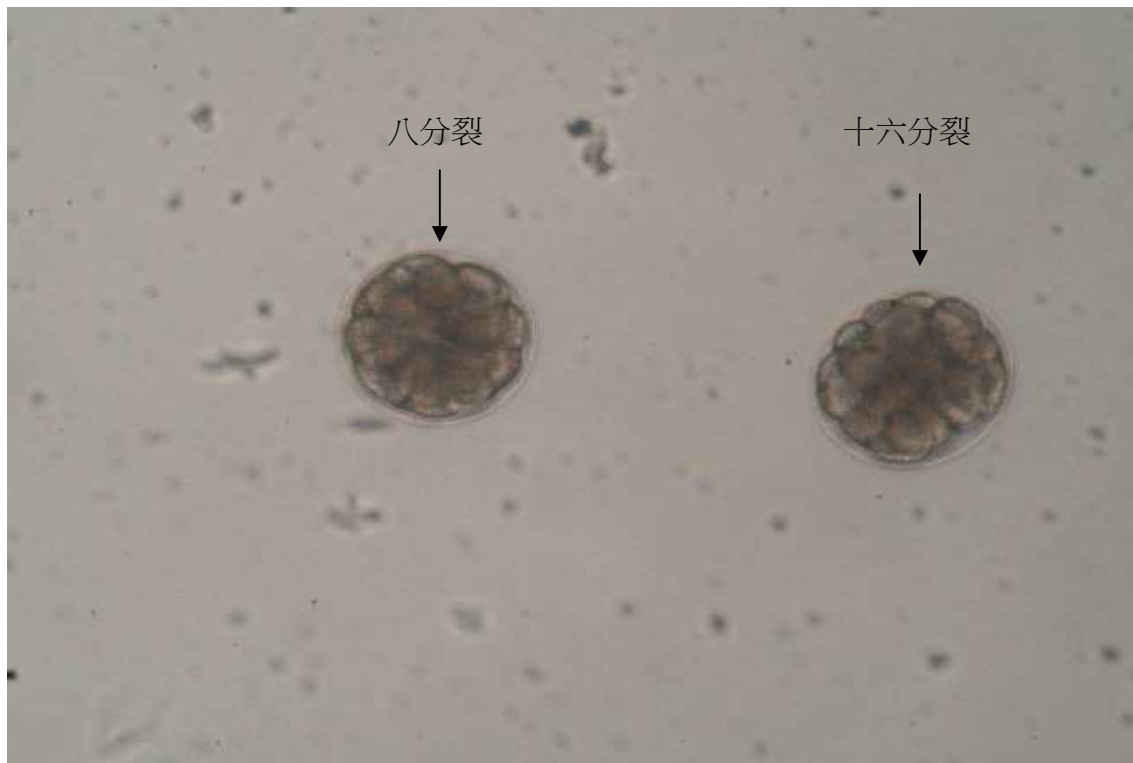
圖十三之一、開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(二分裂):



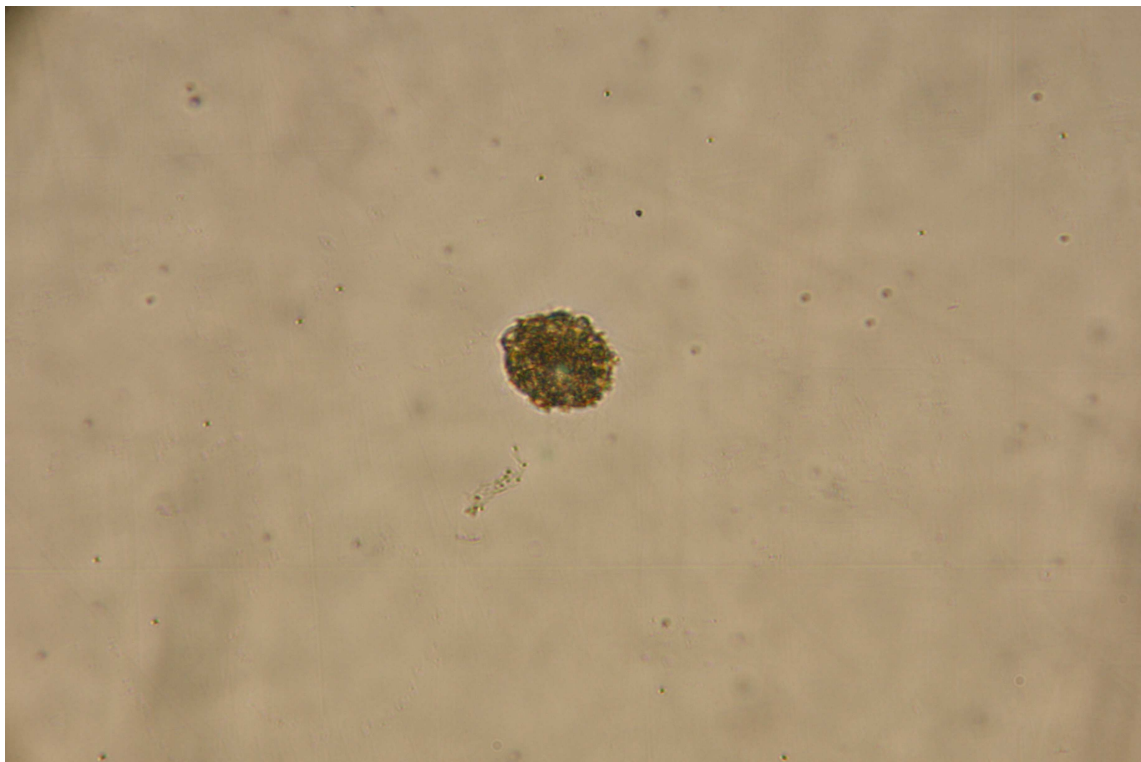
圖十三之二、開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(四分裂):



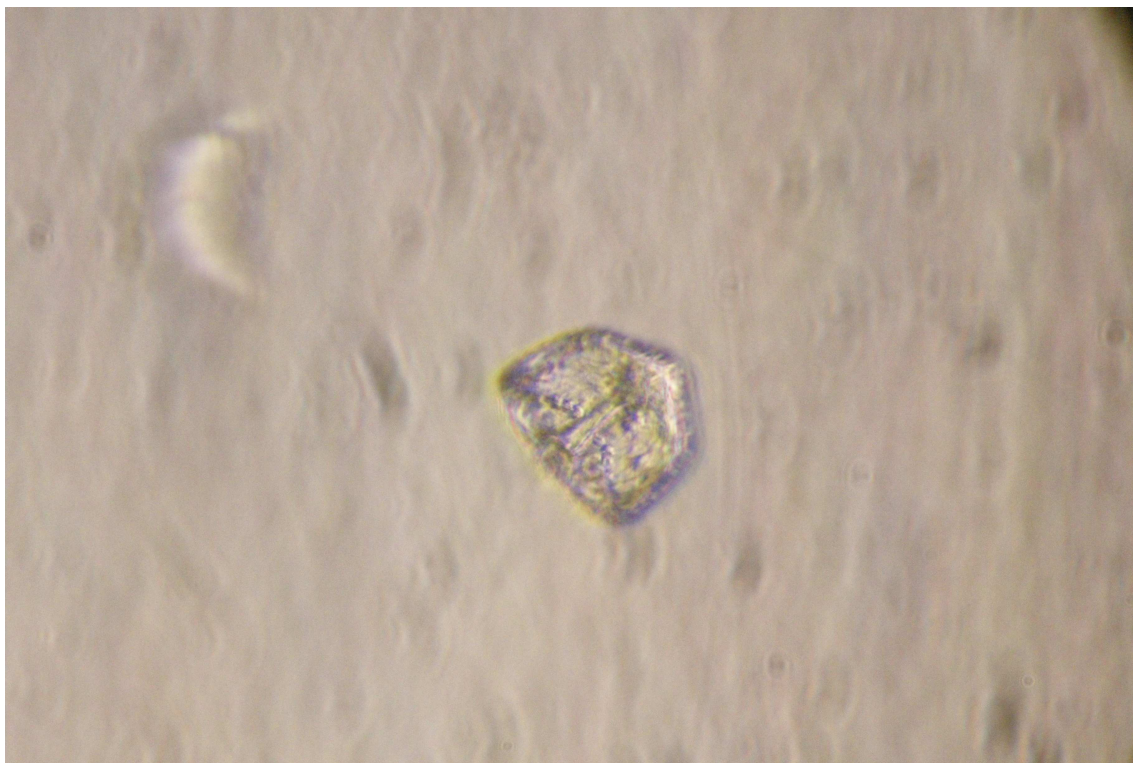
圖十三之三、開始細胞分裂之馬糞海膽授精卵(八分裂及十六分裂):



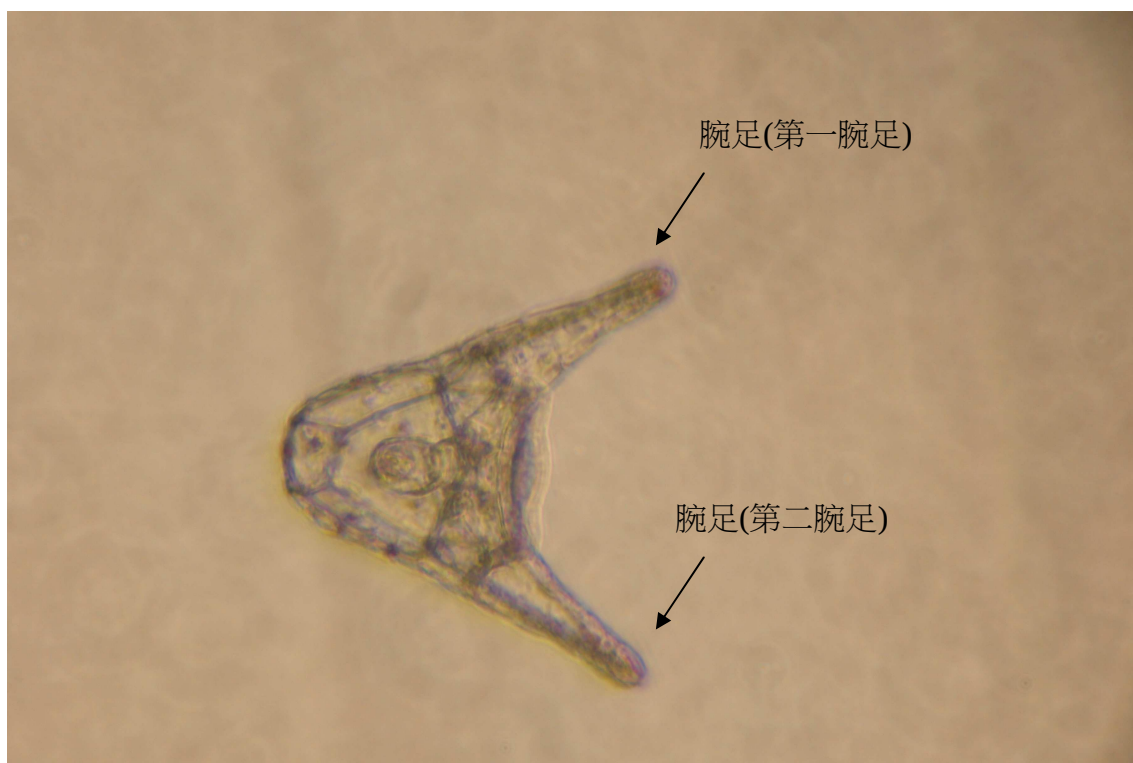
圖十四、桑椹期之海膽幼苗:



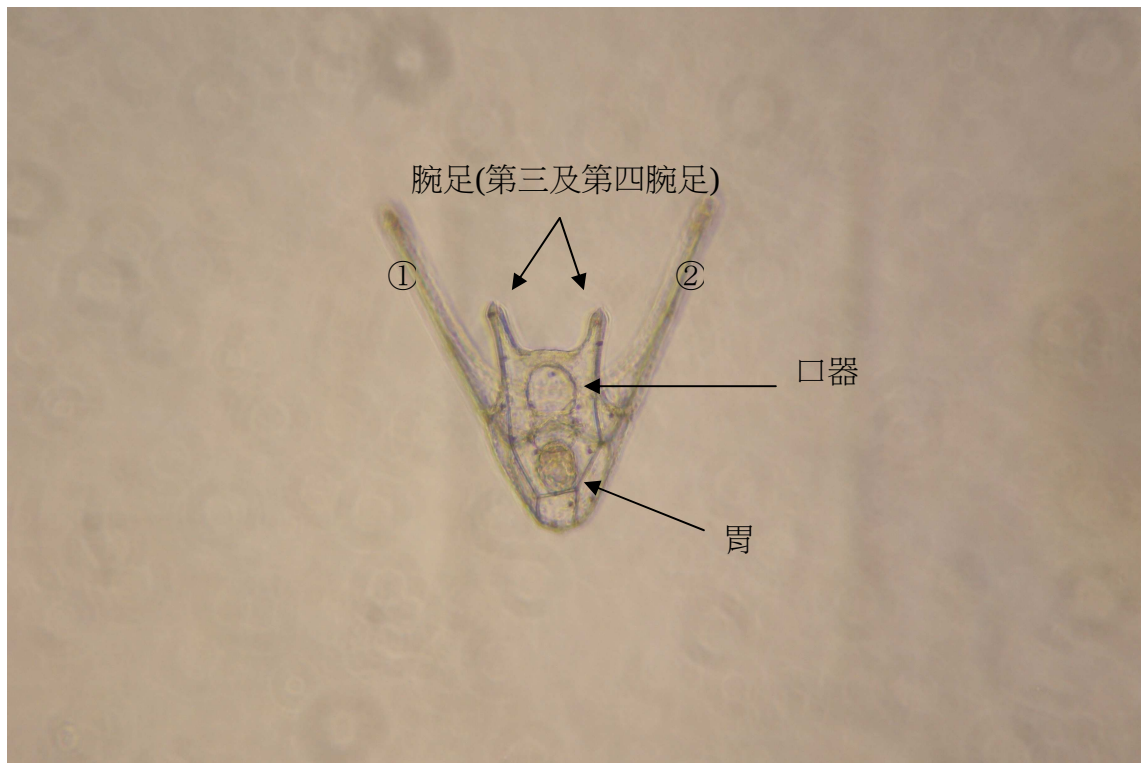
圖十五、三角錐體期海膽幼苗:



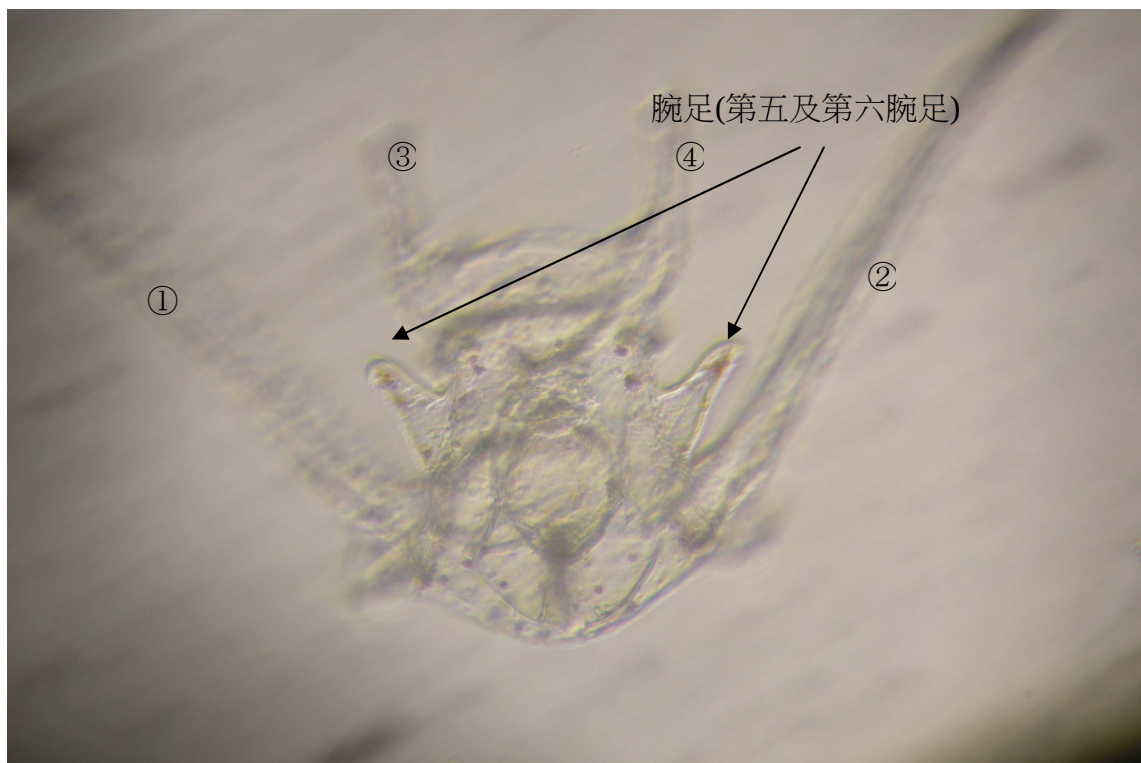
圖十六、二腕期海膽幼苗:



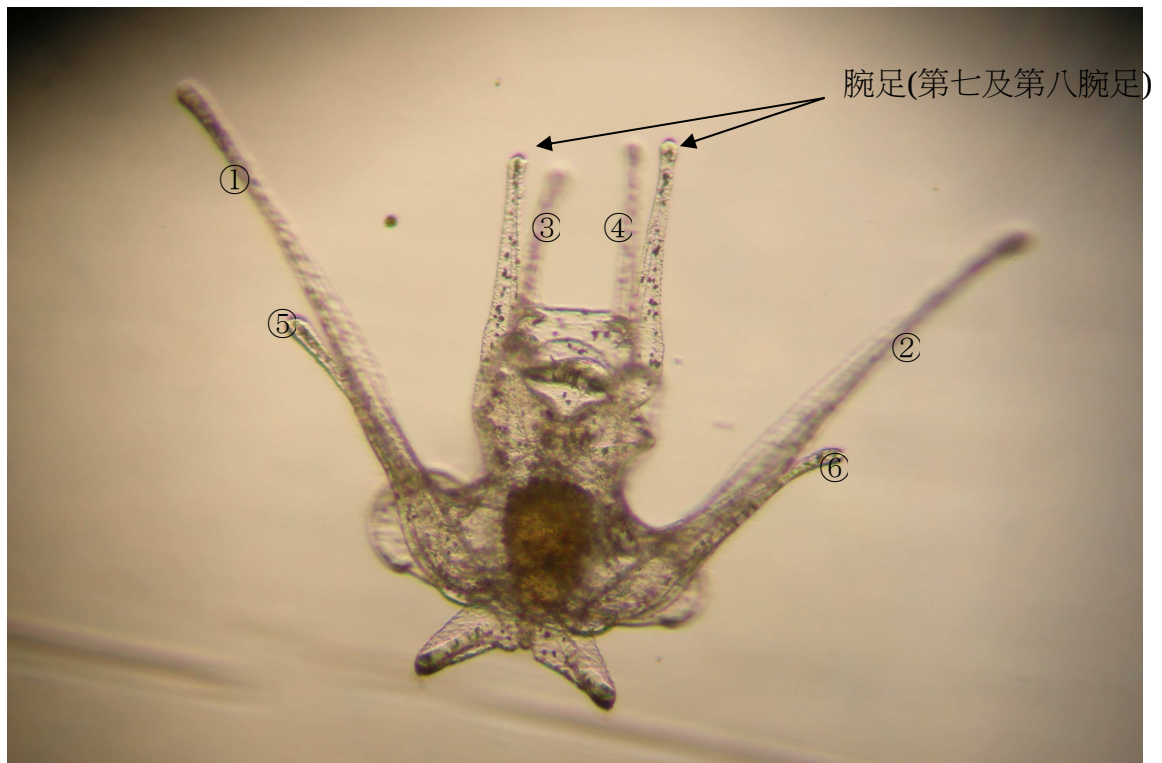
圖十七、四腕期海膽幼苗:



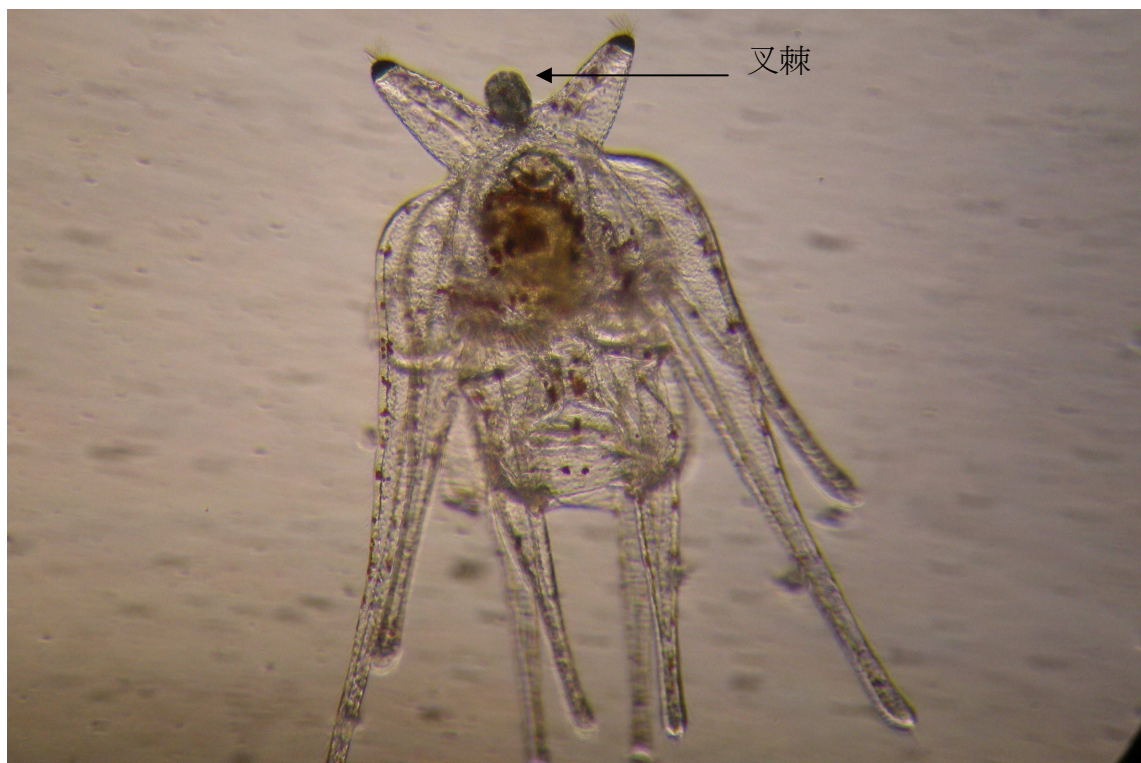
圖十八、六腕期海膽幼苗:



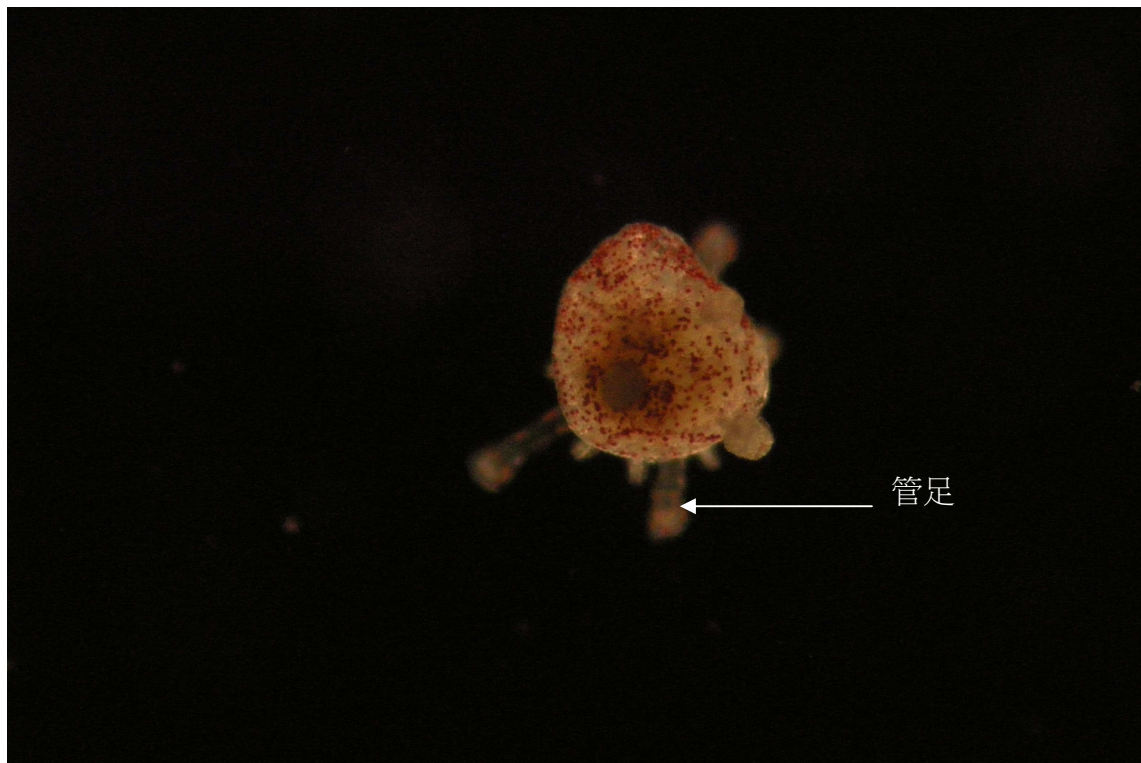
圖十九、八腕期海膽幼苗:



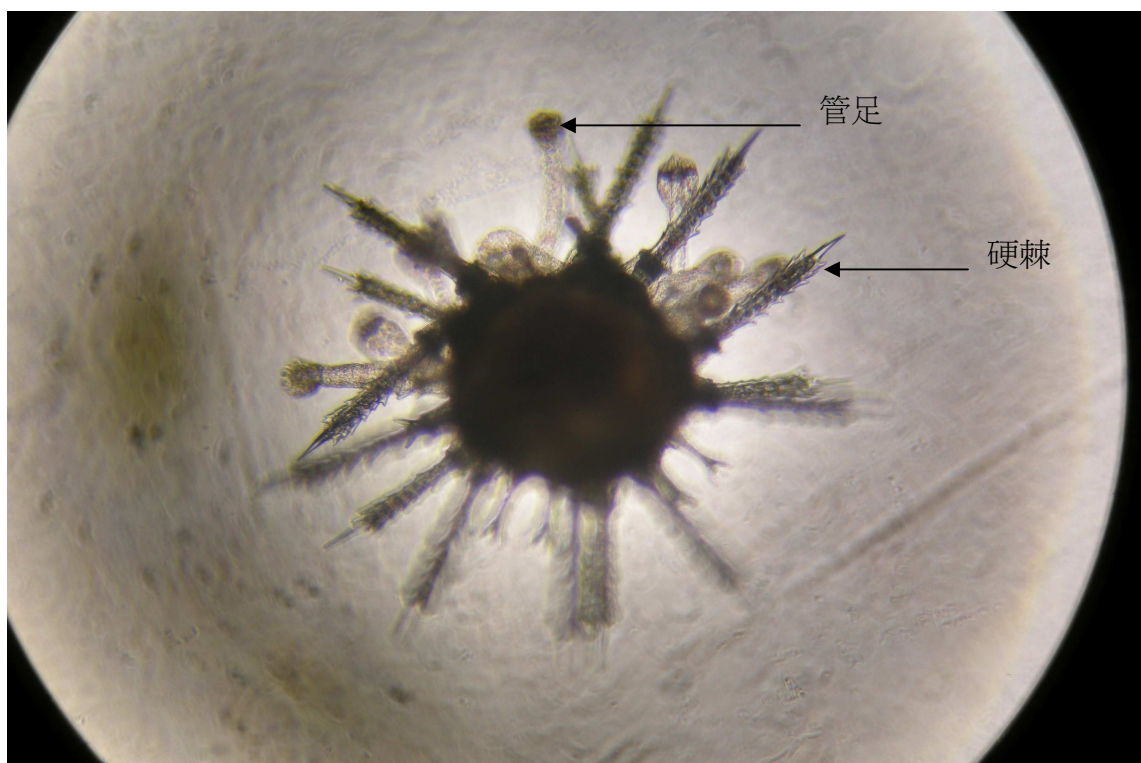
圖二十、長出叉棘之海膽幼苗:



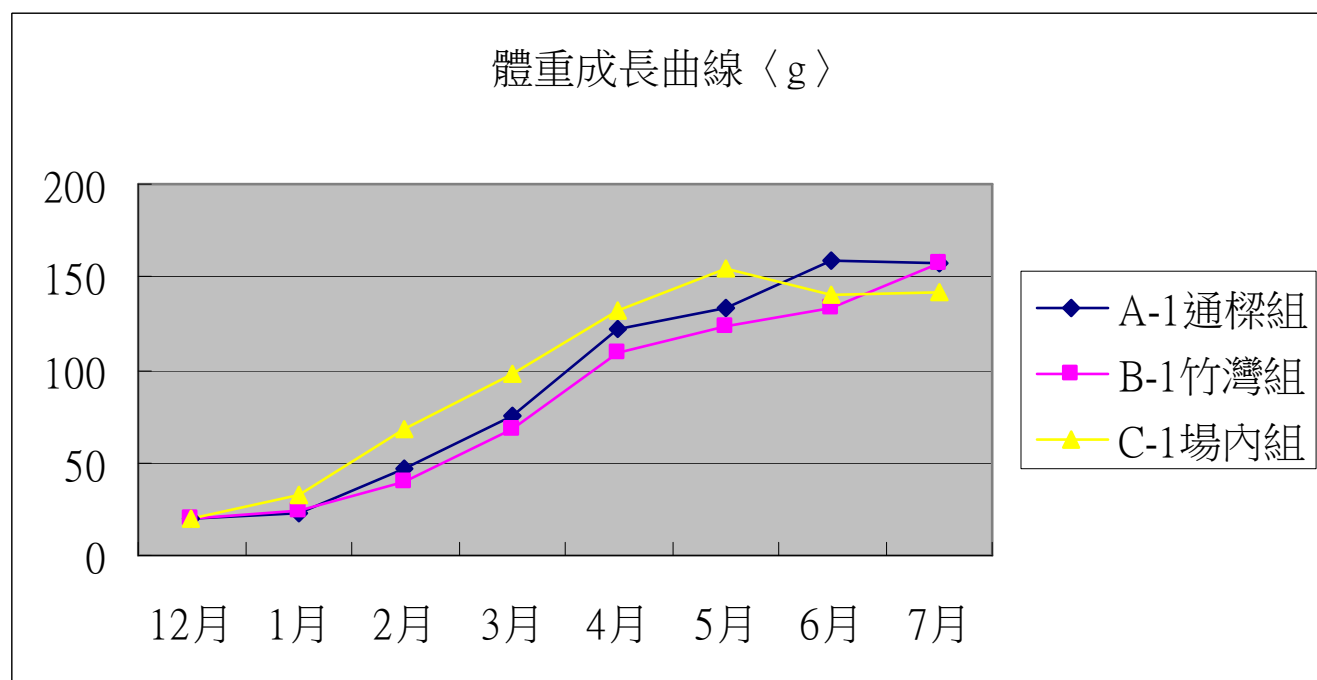
圖二十一、長出管足變態後之稚海膽:



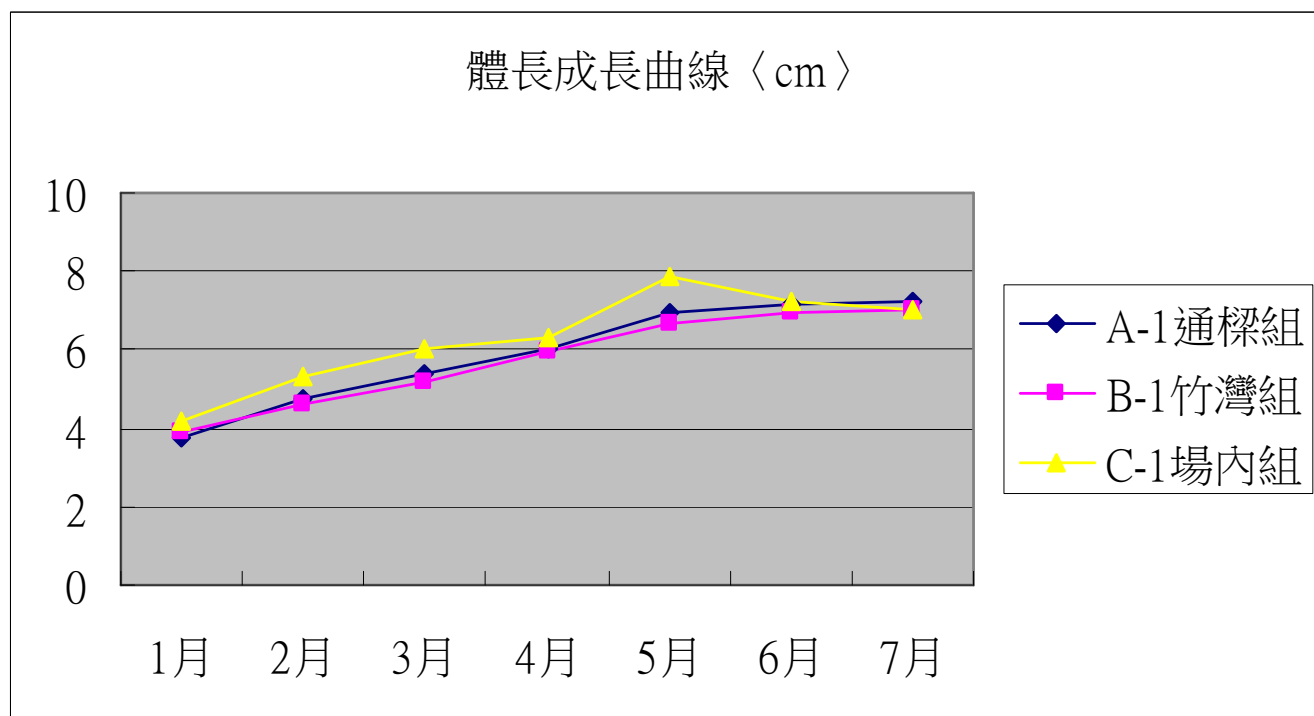
圖二十二、完成變態後之附著馬糞稚海膽:



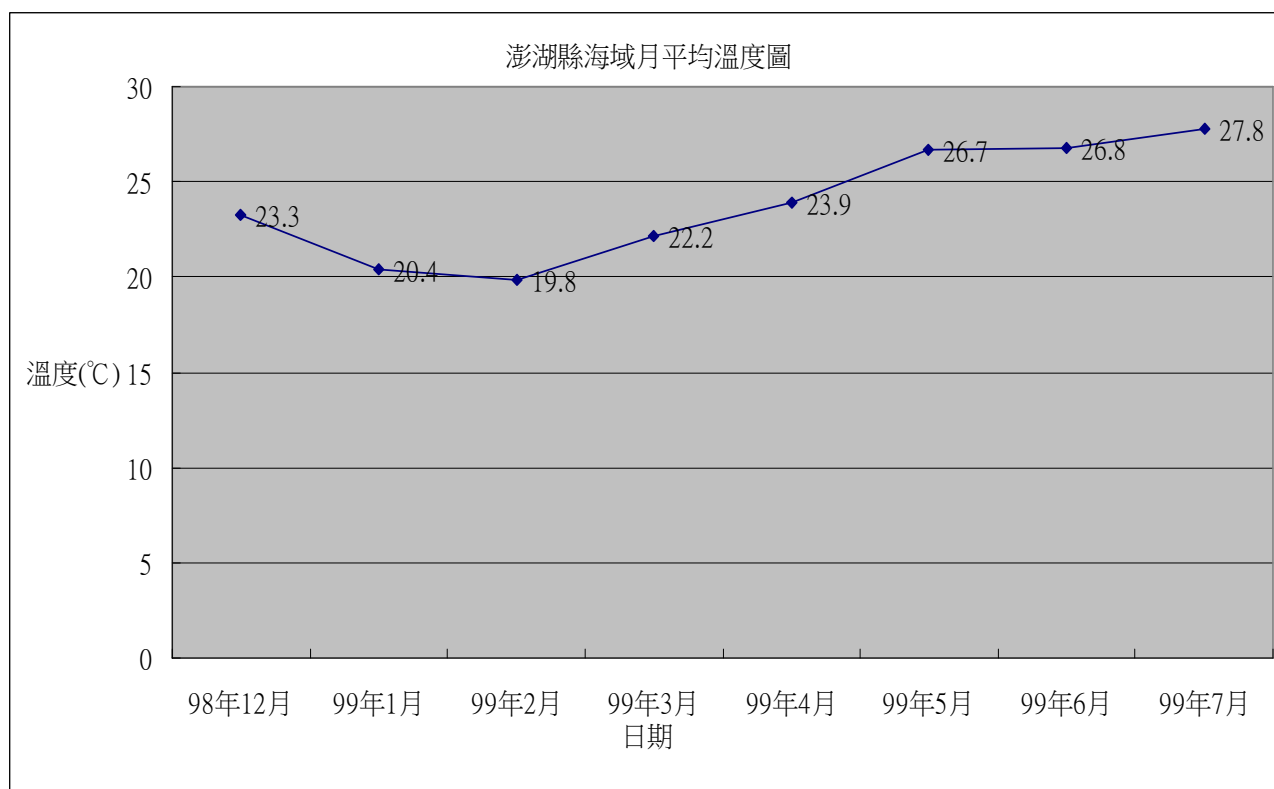
圖二十三、馬糞海膽人工養殖體重成長曲線圖:



圖二十四、馬糞海膽人工養殖殼徑成長曲線圖:



圖二十五、澎湖縣海域月平均溫度圖:



圖二十六、不同海膽養殖籠具:

