

目錄

一、摘要.....	98
二、緒論.....	98
(一) 硨磲貝之分類.....	100
(二) 生態習性.....	100
(三) 生活史.....	101
(四) 硨磲貝之運用.....	101
三、研究方法.....	102
(一) 種貝的取得與蓄養.....	102
(二) 刺激精卵之排放.....	102
(三) 精卵之收集與授精.....	102
(四) 幼生之培育.....	103
(五) 幼貝之移植處理.....	103
(六) 天然海域之移植.....	103
四、結果與討論.....	104
(一) 種貝的取得與蓄養.....	104
(二) 刺激精卵之排放.....	104
(三) 精卵之收集與處理.....	105
(四) 受精與孵化.....	105
(五) 幼生之培育.....	106
(六) 幼貝養成.....	107
(七) 硨磲貝移植入天然海域.....	107
五、結論與建議.....	108
六、參考文獻.....	110
七、圖表.....	111

澎湖海域碑礫貝人工繁養殖及發展生態旅遊之運用（一）

一、摘要

本研究係針對澎湖海域產碑礫貝中長碑礫及鱗碑礫進行繁養殖試驗，並將培育之幼貝移植入澎湖多處天然海域，以結合社區及旅遊業者自主管理模式，配合觀光旅遊業者進行浮潛及半潛艇等生態旅遊方式，創造澎湖另一種生態觀光契機，以增加本縣人民收益。研究時間自 2004 年 8 月至 2006 年 8 月。結果發現：碑礫貝為雌雄同體，在澎湖之長碑礫最小成熟體型為殼長 21cm 以上，繁殖期以夏季為主，且以 8 月為最合適。在各種催產方法上，以生殖腺懸濁液刺激較為可行，其幼生之發育各階段，在水溫 26-28℃ 間為受精卵→卵分裂期→卵膜內擔輪子幼生→擔輪子幼生→被面子期（D 型幼生）→後期被面子→幼貝等幾個階段，各階段之培育法以國外目前文獻所記載之方法為之，於受精後 7~12 天，可收集已具斧足之碑礫貝幼貝，再移往室外池流水飼育。其幼生各階段之培育除平常養殖管理外，於受精後之洗卵時間及過程、第 2 天被面子幼生之篩選（以虹吸法配合 100 目/in² 及 300 目/in² 之浮游生物網篩選出）及微細藻類的添加（Isochrysis 和 Chaetoserus）、第 4 天蟲黃藻（Zooxanthelle）直接加入培育池（桶）中等等，都直接影響到碑礫貝人工繁養殖之存活率。並於數個月後成功結果培育出數千個幼貝，目前體型已達 5-8 公分。

培育出之幼貝利用橢圓形塑膠套（長 8cm、寬 3cm）固定於玄武岩或紅磚上，經 1 星期的固定後，碑礫貝幼貝足絲已固著於岩石上，此時再將固定用之橢圓形塑膠套拿下，以鑽孔機於岩石上刻上編號，並以立可白於刻痕上塗寫，製作成人工標示方式後蓄養 1-2 星期，待天氣良好時移植入具有珊瑚礁區之澎湖多處天然內灣（通梁、五德）海域中，預計每季潛水調查研究其成長等狀況，並以圖片或影像做成記錄，作為未來發展生態旅遊與亞潮區碑礫貝人工養殖之基礎資料。

二、緒論

碑礫貝是世界上最大型的雙殼貝，由於殼緣有波浪型的皺摺，又稱為五爪貝，其外部構造除了外殼外，包括出水口、入水口、外套膜（圖 1.），背部包括放射肋、外緣韌帶、鉸合部及足絲開口等構造（圖 2.）。人們利用碑礫貝的歷史非常久遠，在五千年前台灣的

史前遺址中，就可以看到史前人類磨製砵磔貝而成的頸飾，目前砵磔貝亦被列為佛教七寶之一。早期澎湖的居民，也常以砵磔貝的殼作為日常用品，亦是澎湖海域重要的生物資源。近幾年來，由於砵磔貝本身巨大的閉殼肌可作為干貝外，其外套膜食用價值外，因為其共生藻與貝體本身交互作用的差異，使得砵磔貝外套膜往往呈現截然不同的色彩表現，小型砵磔貝遂成為水族市場的新寵，另外其外殼又可加工製成飾品，使得澎湖海域砵磔貝大量銳減。砵磔貝大多著生於海洋中的熱帶雨林-珊瑚礁區，故採集砵磔貝時也相對的破壞珊瑚礁生態，當珊瑚礁生態遭受破壞，生態系會造成斷層，故華盛頓公約（CITES）已經將砵磔貝列屬第二層級保護資源生物，對於其進出口貿易予以條件限制，並加強宣導海洋生物資源保育觀念，以維護物種多樣性。且砵磔蛤科之全部種類已被登陸於國際自然保育聯盟-瀕危物種紅色名錄（The IUCN red list of threatened species）中的近危物種。因此，針對珊瑚礁海域極需復育之砵磔貝，進行其人工繁養殖技術之研發有其絕對之必要性。若能對生態旅遊之運用加以探討，並結合觀光產業之資源，引進社區自主管理之經營型態，將為傳統漁村經濟注入一股新的動力，幫助其產業升級，增加漁民收益。

目前砵磔貝的人工繁殖在國外文獻中已有相關之研究，但台灣目前相關繁養殖之研究報告闕如，因此有必要建立本國砵磔貝之相關研究資料。且目前將砵磔貝運用在生態旅遊中，在世界上也僅有帛琉乙處，且帛琉之砵磔貝生態旅遊大多利用天然海域之砵磔貝，其主要原因係該國砵磔貝產量豐富，為目前世界上砵磔貝最大出口國。然而台灣砵磔貝之數量遠遠不及帛琉，尤其澎湖縣澎南地區平均之族群密度為 0.14 個/m²，其他如岐頭、蛇頭山、青灣內灣及青灣外灣四處密度幾乎等於零，遠遠不及世界上其他地區 1.5-2.5 個/m²之分佈密度（謝恆毅等，民 94 年），若澎湖縣能利用人工繁養殖成功之砵磔貝來進行海域植入，不僅能在資源復育上有所突破，若能再利用社區自主管理模式，結合觀光業者進行，未來澎湖將會在世界上砵磔貝生態旅遊地點佔有一席之地，並建立本縣新興觀光景點。

在經濟性方面，砵磔貝在整個華人市場，是取其貝殼肌肉製成干貝，但由於資源過度採捕，已造成資源嚴重枯竭，為拯救資源各國積極投入復育工作，有些國家則以商業化繁殖以滿足人類口腹之慾。干貝主要市場以華人為主，涵蓋中國大陸、日本、香港、台灣、澳洲、美國等華人市場。砵磔貝之消費型態除可供食用外，亦為水族館之活標本，其殼可當飾品、外套膜可當涼拌，市場潛力相當大，其中單就日本沖繩島每年至少有 500 噸需求

量，消費型態以生魚片或是壽司佐料。台灣市場消費型態以冷凍為主或有些較次級產品製成 XO 醬，每年至少有 250 噸需求量，品質較佳則銷往餐廳或宴會上之佳餚。而日本市場主要銷售方式包括，食用、水族館活體與裝飾貝殼等，由於市場需求旺盛，但是資源過度捕撈由 1975 年之 600 噸產量降至 100 噸。在紅番硨磲（*Tridacna crocea*）、鱗硨磲（*Tridacna squamosa*）與硨磲（*Tridacna hippopus*）中，市場接受規格有兩類 5~6 公分及 8 公分以上。每公斤平均批發售價（2.86~10.7 美金），價格決定於大小、季節與品種三因素（黃貴民，民 93）。

硨磲貝相關資料介紹如下：

（一）硨磲貝之分類：

硨磲貝為二枚貝的一種，主要分布於印度太平洋地區的熱帶珊瑚礁海域，屬於軟體動物門（Mollusca）雙殼綱（Bivalvia）真瓣鰓目（Eulamellibranchia）硨磲貝科（Tridacnidae）目前包含 2 屬（*Tridacna* 和 *Hippopus*）9 種（Ellis,2000）。

硨磲蛤屬 *Tridacna*

巨硨磲 *Tridacna gigas* (殼長可超過 1.4 米，是最大的硨磲貝)

鱗硨磲 *Tridacna squamosa* (外殼有明顯凹槽輪廓)

長硨磲 *Tridacna maxima* (分布最廣，且色彩最多變)

紅番硨磲 *Tridacna crocea* (同心肋低且密，殼邊緣呈紅番色)

無鱗硨磲 *Tridacna derasa* (世界第二大的硨磲貝，殼面光滑)

魔鬼硨磲 *Tridacna tevoroa* (較稀有品種，主要分布於北東加島和東斐濟島)

羅氏硨磲 *Tridacna rosewateri* (為一新發現品種，只在印度洋有分布)

菱硨磲蛤屬 *Hippopus*

菱硨磲 *Hippopus hippopus* (外套膜不會在殼的邊上方延長)

瓷菱硨磲 *Hippopus porcellanus* (外套膜類似菱硨磲但溝槽較不明顯)

（二）生態習性：

從硨磲貝的生長海域可以看出硨磲貝需要潔淨的熱帶海水才能存活。適應的水溫介於在 25-30℃ 間，但在澎湖海域中，由於冬季水溫常低至 17-18℃，而其尚能存活，故其適應範圍應更大。適鹽度的範圍從 32ppt 至 35ppt。除了魔鬼硨磲（*Tridacna tevoroa*）這種

生長於20公尺水深的砵磔貝外，陽光對於砵磔貝上的共生藻行光合作用是十分重要的，即使水中充滿餌料，失去陽光照射的砵磔貝仍會快速的死亡，從這點就可看出蟲黃藻（zooxanthelle）共生對砵磔貝的重要性。雖然有些種類的砵磔貝，可以忍受稍微污染或渾濁的水域，但是乾淨的熱帶地區海水對於砵磔貝而言，還是最好的。因此想從事砵磔貝繁殖的話，擁有乾淨的海水水源是相當必要的。

另外，從生物學的觀點來看，砵磔貝很適合水產養殖。砵磔貝的攝食不同於其他的雙枚貝類，除了少部分（約10%）透過鰓濾食外，大部分（90%）的營養來自於一起共生的光合藻類（*Symbiodinium microadriaticum*）—蟲黃藻（zooxanthelle）（圖3.），蟲黃藻主要生活在貝肉及突出的外套膜上，並共生於細胞組織間，藉由進行光合作用產生複雜的醣類外，蟲黃藻也能生產胺基酸和脂肪酸，這些物質可藉由藻類的細胞壁直接擴散至砵磔貝的血液中（Ellis, 2000）。

（三）生活史：

砵磔貝的個體為雌雄同體且雄性先熟，在第一次性成熟的二到三年為雄性，過了這段時間生殖腺便能產生精子及卵子，且砵磔貝為了預防自體授精，精子會在卵子釋出前釋放。其卵徑約 $100\mu\text{m}$ ，卵子在受精後約 10-12 小時後發育為卵膜內擔輪子，然後孵化成具游動能力之擔輪子幼生（trochophore），擔輪子幼生具有纖毛可浮游於水中，約 30～40 小時後，擔輪子幼生即會發育成具有雙殼（約 $160\mu\text{m}$ ）的被面子幼生或稱 D 型幼生（veliger or D-stage larva）並開始濾食。受精約 6 至 12 天後，被面子會變成具有斧足の後期被面子幼生（pediveliger）。後期被面子幼生會間斷性的游泳並漸漸貼近底層，最後變成一個 $200\mu\text{m}$ 的幼貝。砵磔貝的生長曲線如同 S 型，剛開始生長非常緩慢，約 1 年後其生長速度會增快，但是，在接近成熟體型時，生長速度會再次的減緩，約經 3～4 年後即可達到 21cm 左右最小成熟體型之成員。

（四）砵磔貝之運用：

過去砵磔貝主要是供食用，除了在亞洲及太平洋地區的一些市場作為食材外，有些種類因為外觀較鮮艷其活體大多會被飼養在水族館或一般家庭海水魚缸中做裝飾。另外砵磔貝的外殼也有很多用途，如作為盤子、工具、珠寶和裝飾品（Heslinga,1996）。其利用之目的不外乎：

1. **食用價值：**利用砵磔貝之閉殼肌（俗稱干貝），為昂貴食材之來源，近來其外套膜亦成

為日本握壽司之要角，並廣受饕客歡迎與喜愛。

2.觀賞價值：砵磔貝之貝殼外型特殊，經加工處理之後可做為工藝品。另外色彩鮮豔的砵磔貝更是水族市場上相當熱門的物種。

3.觀光用途：近年來生態旅遊相當熱門，若砵磔貝搭配多彩多姿的熱帶魚和珊瑚，將更具發展觀光之潛力。南太平洋島國帛琉著名觀光潛點－巨貝城即為該國吸引國外遊客之重要據點，目前世界上將砵磔貝利用於觀光上也僅有帛琉一處。

三、研究方法

（一）種貝的取得與蓄養：

種貝的來源有兩種途徑：

一是於夏季委請漁民自龍門外海海域採捕野生砵磔貝，體型保持在 20cm 以上，採捕之種貝置放於 470 公升 FRP 桶中，經流水蓄養一天後再進行人工繁殖。二是蓄養一年以上的野外種貝：自 2004 年所採捕者，留存於本場後方海域之蓄養籠中，待夏季繁殖期再由潛水人員打撈置入本場 470 公升 FRP 桶中。

蓄養籠以白鐵製作成，長 150cm 寬 60cm 深 60cm（圖 4.），以鐵線及鐵棒網綁固定於岩礁之巨大石頭及本場入水口陰井旁。

（二）刺激精卵之排放：

為了確定砵磔貝是否適合繁殖，我們可利用注射針筒從外套膜伸入到生殖腺內抽出少許卵子來做切片檢查，或是將同一批將要繁殖之砵磔貝，以犧牲一個種貝割取其生殖腺直接在顯微鏡下觀察其成熟度，並可藉由少數種貝的 GSI 值，估算得到較適催產期的推估。

本實驗係採用生殖腺懸濁液刺激法方式刺激精卵之排放，生殖腺之取得，藉由解剖活體砵磔貝得之（圖 5.），操作時先取 10-30 克的砵磔貝成熟生殖腺（圖 6.），置於 150 目/in2 之浮游生物網中和過濾海水搓洗（圖 7.），混合搓洗後再以 300 目/in2 的浮游生物網將混合液中較大的雜質及卵粒濾除。使用時係將產卵桶的進水關閉，生殖腺懸濁液直接加入池水中（圖 8.），並紀錄種貝刺激後之排精或排卵比率。

（三）精卵之收集與授精：

碑礫貝產卵之前準備數個乾淨的水桶、數支 300 目/in2 之浮游生物網及 1-2 個約 470 公升左右注滿水之 FRP 桶，桶子的大小要視種貝大小而定。經過刺激的種貝需先放置在約 470 公升的 FRP 桶內，並仔細觀察是否有排放精卵的現象。

當種貝開始大量排出卵子（圖 9.），馬上將牠移入另一個裝滿過濾海水的 470 公升 FRP 桶子中，以將精卵加以區分，待卵子排放完後再利用水瓢取精子進行授精。

當精卵充分受精後（淨置約 10~20 分鐘），利用 300 目/in2 浮游生物網以虹吸方式將桶內之受精卵收集出（圖 10.），收集後之受精卵馬上以乾淨之海水進行洗卵（圖 11.），再放置於 15 噸水之孵化池內孵化。

（四）幼生之培育：

洗卵後受精卵直接倒入孵化池微量打氣，並於授精 40 小時後進行被面子幼生收集，過程中持續觀察紀錄並將各階段之發育情形拍照。收集時使用水管直接抽取上層水，並視情況收集池水至原水量的 1/5 至 1/6。收集後之健康幼生再置於另一個 1 噸水之 FRP 桶中繼續培育，或置於 15 噸水之水泥池中飼育。並從授精後第三天開始投餵微細藻類（Isochrysis 和 Chaetoserus），投餵餌料以每兩天一次為原則，等蟲黃藻（zooxanthelle）在幼貝腸道中建立共生關係後才停止投餵。此後直至其發育至後期被面子幼蟲再收集移往室外池流水培育。

（五）幼貝之移植處理：

碑礫貝沈底之幼貝培育約 1 年後，將稚貝固定於玄武岩或紅磚上，以作為移植回天然海域時之基座。操作時以電動雕刻刀在玄武岩或紅磚刻上進行編號標幟（圖 12.），並用利可白於刻痕上圖寫以作標示（圖 13.），待利可白乾燥後，再用橢圓形塑膠套（長 8cm、寬 3cm 左右）套上，待一段時間幼貝足絲固定於玄武岩上（圖 14.），再將整塊玄武岩或紅磚移植入天然海域內。

（六）天然海域之移植：

地點之選擇：

1. 在本縣選擇多個海域如通梁、五德、時裡等進行移植地點試驗之研究，每個海域移植約 50 個左右碑礫貝，以每季進行潛水調查，研究分析及拍照紀錄其成長情形，以做為本縣碑礫貝生態旅遊相關基礎資料。
2. 待試驗地點相關資料建立後，即優先於本縣天然海域選擇目前已有旅遊業者正

進行浮潛之地點，如七美魚月鯉港及姑婆嶼、吉貝等海域，及目前正由政府單位規劃之青灣浮潛精華區及風櫃浮潛專區等海域，移植 200~300 個碑礫貝稚貝，並結合旅遊營業或當地社區進行自主管理，發展生態旅遊，以創造本縣新興旅遊地點。

天然海域移植在操作上係將固定於玄武岩或紅磚上之碑礫貝稚貝，放置於小型蓄水桶（500 公升），利用本場漁興三號漁筏載至本縣各天然海域，再以潛水人員將玄武岩或紅磚上之稚貝移植入該海域，並每季潛水調查研究其成長等狀況，並以圖片或影像做成記錄，作為未來發展生態旅遊地點之選址資料。

四、結果與討論

（一）種貝的取得與蓄養：

在種貝來源的兩種途徑中，直接由野外取得或由本場後方海域蓄養籠打撈之碑礫貝種貝，其個體皆在 20cm 以上，且於繁殖前之蓄養情形皆有尚待討論改進之處。

種貝於本場後方蒔裡外灣之天然海域蓄養期間最大問題在於颱風所造成的損害，以本場去年為例，2 個蓄養籠中有 1 個於颱風期間被海流帶走而不知所蹤。若將種貝蓄養於內灣海域，又必須考量海水之乾淨度，或是將蓄養籠固定方式加以改良等。而直接由漁民所採捕者，常因足絲之損傷，而於蓄養階段即造成死亡。這些都是未來本場持續進行碑礫貝繁養殖必須克服的問題。

（二）刺激精卵之排放：

澎湖海域碑礫貝經少數種貝的 GSI 估算及不同月份催產之實際排精排卵數統計，推估於夏季為高峰，且於 8 月較為合適。

在誘引或刺激精卵之排放過程中，有些報告證明碑礫貝的排卵時期跟晝夜的變化和月相有密切的關係(Heslinga et al.,1990；Braley,1992)。且產卵頻率以中午至下午及滿月和新月這段時期為最高峰。在這段時間內以誘導的方式可促進其排精排卵。這與本研究所刺激之時間為下午 5 時，至晚上 7-9 時達產卵之最高峰有相類似之處。

利用生殖腺懸濁液刺激法方式刺激精卵之排放，結果顯示當生殖腺懸濁液加入後 5~10 分鐘內，約有 15%的碑礫貝排精，但無排卵之現象，約經過 1~2 小時後，才出現排卵之種貝。

根據文獻記載，一般用於磚礫貝催產的方法包含加熱刺激法、生殖腺懸濁液刺激法和 serotonin 注射法 (Heslinga et al.,1990；Braley,1992；Gervis et al.,1996；Lucas,1996) 等三種方式可誘導種貝排卵。3 種方法中，溫度刺激是一種比較費時的做法，由於不使用化學藥劑，對於種貝的傷害也較小。而注射血清素（Serotonin）雖然方便但須將注射液打入貝肉中或足絲肌肉中，作法上容易造成種貝之損傷及藥物成本較為昂貴，不過注射後 5-10 分鐘即可排精是比溫度刺激法來的迅速且容易掌控。而本場利用生殖腺懸濁液刺激法，其生殖腺懸濁液之取得及製作過程簡易，且直接加入池水中也不會傷害到種貝本身，其刺激排精時間又與注射血清素的時間差不多（5 分鐘後），故本場即採用生殖腺懸濁液刺激法方式進行刺激精卵之排放，且可得到滿意之結果，更不直接對種貝造成傷害，此為一可行且穩定之催產法。

（三）精卵之收集與處理：

磚礫貝排放精卵時，貝肉及外殼緊縮是最明顯的特徵，且排放後可見桶內水色呈現混濁。且磚礫貝在排放卵子前 1~2 小時會先釋出精子，這可能是磚礫貝為了避免自體受精之情形。且當精子排放量逐漸減少時，所排放出的精子會呈現團塊狀且不易擴散，此時據觀察為排放卵子之前兆。

而種貝開始大量排出卵子，將牠移入另一個裝滿過濾海水的 470 公升 FRP 桶子中時，磚礫貝並不會因為被移動而停止排卵，但某些精子會因為排卵種貝的移動跟著移到排卵桶中。因此在將精卵加以區分上並無法完全隔開，故於受精後有發現同批卵子有不同發育階段之情形。

（四）受精與孵化：

磚礫貝的精子於排卵前 1~2 小時即已排放，待排卵仍可利用該批精子進行授精，顯示磚礫貝精子排放後可存活超過 1 小時以上。受精後於顯微鏡下觀察結果，很少發現有未授精之卵子，大多發現的是過多的精子所造成多重受精現象，促使卵子死亡。且正在洗卵階段的受精卵比已洗完卵之受精卵，受精卵周圍的精子密度增加了很多，並於後來卵子的發育上出現不正常的變態、死亡或根本沒有進入卵分裂期即已溶解。

之前已有相關文獻記載在授精時須注意，過多的精子會造成多重受精的現象，造成卵子的死亡。如果不能確定精子的濃度，最好的方式是減少精子的加入量

（Ellis,2000），本實驗結果發現大多授精卵仍出現精子過多之多重授精之情況，因

此在往後操作上仍須特別注意。

受精卵卵徑大約 $100\mu\text{m}$ ，不同批次的卵子，卵排放後早點授精比排放較久後才受精其受精後各階段之發育較好，這也是後來硨磲貝能否發育至幼生重要關鍵之一。

（五）幼生之培育：

洗卵後受精卵（圖 15.）直接倒入孵化池在水溫 $26-28^{\circ}\text{C}$ 間經 10 分鐘後即開始進入卵分裂期（圖 16.），時間為 10 分鐘~10 小時，後卵分裂期進入卵膜內擔輪子幼生（圖 17.），時間為 10~12 小時，後卵膜內擔輪子幼生進入游動擔輪子幼生（圖 18.），此期介於 12~40 小時間，與卵膜內擔輪子不同於游動擔輪子具纖毛，可於水中自由遊動，卵膜內擔輪子則是於卵子中旋轉，且卵子無法於水中游動。當受精卵發育至 40 小時後即開始變態為初期被面子（圖 19.），此期間為受精後 40 小時~6 天之間，並因具面盤及纖毛可游動，外型如英文字母 D，故又稱為 D 型幼蟲（D-stage）。而受精時間約 6 天後 D 型幼蟲會漸漸變為後期被面子，此期外型最大特徵為具有斧足，剛開始後期被面子仍具面盤及纖毛，並於幼生體內伸出一隻與體長相當之斧足長度（圖 20.），最後面盤及纖毛會消失，變態為具斧足之雙殼幼生（圖 21.），並慢慢移向池底生活，此期間為 6~12 天。當受精 6 天後，因濾食微藻及共生藻建立共生現象之快慢，會逐漸有沈底變態完全之幼貝產生，此時斧足已消失（圖 22.）。受精後 3 個多月體型達 1cm 左右（圖 23.），1 年達體型 5~8cm 左右之稚貝（圖 24.），2 年後達 12cm 之體型（圖 25.），約經 3~4 年達成熟可排精排卵之成貝（圖 26.）。

幼生培育於第 0 天~第 1 天以大水池 15 噸水以上室內池來培育，後收集上浮之幼生移入 1 噸水之桶中培育，此舉除可大量培育受精卵外，並在第二天幼生之收集上能大量收集到健康性佳的幼生，對於篩選幼生及死卵有間接性的功能。

在 40 小時後（第 2 天）幼生的發育過程中，被面子期間發現易於孵化池上方光線較強之處聚集，判斷該其幼生應具趨光性之特性，因此在第二天幼生收集中可利用其特性，利用虹吸之方式吸取上層活動力高及較健康之幼生，此時發育不良及死亡之受精卵會沈於底部，可藉此將良好之幼生篩選出。另外，從產卵後第 3 天開始投餵角毛藻（Chaetoserus），1 噸水約投 500ml，每 2 天投餵 1 次，此期間顯微鏡下觀察幼生蟲黃藻慢慢於腸道或外套膜上呈現出顆粒金褐色的顏色（圖 27.），因此投餵 2~3 次即停止。

授精後第 4 天開始加入蟲黃藻，蟲黃藻必須取自活砵磔貝的外套膜，故在取蟲黃藻時會將砵磔貝解剖再取其外套膜。外套膜由砵磔貝上取下後，將外套膜浸入過濾海水中以果汁機將外套膜打碎使其中的蟲黃藻釋出或利用刀鋒直接將外套膜上的蟲黃藻刮離，等到外套膜變白時就表示蟲黃藻已經和外套膜分離。而後再使用 300 目/in2 浮游生物網將雜質過濾以收集蟲黃藻液，直接潑灑於孵化池內。約經 6~12 天以上後，孵化池內之砵磔貝幼生（被面子）即會發育至幼貝並沈於池底，故自第 6 天起可抽底檢查是否已有變態完全之幼貝沈降，在其沈降後每日抽底收集幼貝並移往室外池流水飼育，可提高其活存率。此種方法類似於本場所進行的鳳螺幼生變態成幼貝之收集方法，由於浮游幼生無法一次完全變態沈底，故分批的抽底收集，可免除已先變態沈降者之死亡，而提高其活存率，此種方法在 15 噸以上之大型培育水池操作上更顯重要。

（六）幼貝養成

流水方式培育幼貝約 3 個月達體型 1cm 左右，6 個月後體型即可達到 2cm 左右，並以每個月 0.4cm 持續成長，一年後到達 5cm 左右之成長體型（圖 28.），基本上其成長速度與水溫高低有關，溫度上升其成長速度亦加快。約 2 年後可達 12cm 左右之體型。而在稚貝的培育過程中，於冬季絲藻繁生嚴重，易包圍稚貝造成死亡，且培育時間一長，池底絲藻腐敗硫化氫沈積物堆積等皆會影響到稚貝的存活；因此，在培育過程中適度放養臭肚魚以減少絲藻的繁生及定期利用水管清理池底是提高稚貝存活率的關鍵。養成池中幼貝需保持低密度養殖，否則會影響幼貝之成長。當幼貝在養成的 12 個月後，體型達 5 公分以上大小時便可將其移到海中作為生態旅遊之重點海洋物種。養殖 2 年之體型約 12cm 左右，未來將持續培育研究紀錄，以建立更多相關資料。

經多次繁殖實驗發現，催產後最小之排卵體型皆於 21cm 以上（表 1.），因此可由此項結果判定砵磔貝之最小成熟體型應為 21cm 以上。另一方面，開始進行研究時種貝之來源皆由野外採捕，因此並無法得知其年齡，但在稚貝的培養結果中發現，受精後 1 年體型為 5~8cm 左右，培育 2 年體型 12cm，由此可推估砵磔貝最小成熟體型（21cm 以上）須達 3 年以上，這數據與國外文獻記載需 3~4 年是相吻合的。

（七）砵磔貝移植入天然海域

砵磔貝移植入天然海域以發展生態旅遊乃是本研究重點之所在，目前本場已有 1

年齡稚貝及 2 年齡稚貝。1 年齡稚貝以人工方式進行標示，並已選擇白沙鄉通梁海域及馬公市五德等內灣海域進行天然海域移植作業（圖 29.），未來將持續調查研究及觀察碑礫貝移植天然海域後之各項生長情況（圖 30.）。此外，仍再繼續選擇幾處海域進行試養，待試養結果及資料建立後，再將更多碑礫貝稚貝移植入目前業者已進行之浮潛區及未來政府規劃之浮潛區，以結合業者及當地社區發展自主管理模式，配合休閒觀光業者之推銷，以浮潛、半潛艇方式進行碑礫貝生態旅遊。

五、結論與建議

- （一）碑礫貝最適之繁殖時間應為夏季 7~8 月間之下午至晚上為佳，並以 8 月較為合適，其最小成熟體型為 3~4 年體型 21cm 以上之成貝。
- （二）本研究結果碑礫貝在水溫 26~28℃ 其幼生至成體之生活史各階段為：受精卵(約 10min)→卵分裂期(10min~10hr)→卵膜內擔輪子幼生(10-12hr)→擔輪子幼生(12~40hr)→初期被面子期（D 型幼生）(40hr~6 天)→後期被面子(6~12 天)→具斧足之幼貝(6~12 天)→1cm 稚貝(90~100 天)→5~8cm 稚貝(約 1 年)→12cm 稚貝(約 2 年)，並推估達 21cm 之最小成熟體型約 3~4 年（圖 31.）。
- （三）在利用生殖腺抽出物刺激排精卵時，由於生殖腺的取得必須犧牲一顆成熟的種貝。為了避免種貝不必要的犧牲，可將蓄養池中瀕臨死亡者之生殖腺取出備於催產使用，但因時間上較不易掌控，建議將生殖腺先以冷凍方式儲存，待需使用時再行解凍。不同種類的碑礫貝其生殖腺也可刺激排卵。
- （四）受精約 40 小時後幼苗變態至被面子幼生（viliger），此時可以計算桶子中的幼生並將其移到新的培育池中，需特別注意的是，因為其受精卵於發育未完全時受到強烈震動或碰撞，將導致受精卵之死亡，故可將收集之時間延後亦可。
- （五）假如精子是來自多顆種貝的話，那麼在進行授精時必須和其他的卵一起使用。須注意是，利用產自同一顆種貝的精子和卵子進行自體授精的話，其受精率及存活率相當的低。因此，繁殖時須將產卵桶或種貝加以編號以避免混淆，並時時觀察其排卵狀況，以便將排卵者隔離，避免多重或自體授精。另精子量過多易造成多重受精導致受精卵發育不完全或死亡（圖 32.）。
- （六）碑礫貝稚貝在培育過程中放入食藻的魚類如臭肚魚，可預防池中絲藻過度繁

生，避免絲藻包圍稚貝阻礙其濾食及共生藻之光合作用。

- (七) 先前已有文獻記載砵磔貝外套膜的顏色會因種類不同而異，通常幼苗外套膜的顏色會因蟲黃藻與其寄生砵磔貝之交互作用而產生不同顏色，在本次實驗中，本場所使用之共生藻為寶藍色，來源是從一顆剛死亡之砵磔貝種貝所取下，結果之後所生產之稚貝幾乎與先前母體所取下之外套膜顏色不同，有些則到稚貝（約 3cm）才有與種貝相同之顏色（寶藍色），但數量只有數個而以。鑑於此，未來朝向砵磔貝外套膜顏色誘發，將是本場技術研究重點之一。
- (八) 直至目前為止，本研究大多針對砵磔貝繁養殖技術之論敘，對於運用於生態旅遊之部分鮮少著墨，其原因在於幼貝才剛開始移植入天然海域，且社區自主管理模式尚未建立，未來我們除了持續進行繁養殖技術之改良及移植幼貝生長情況研究調查外，將開始著手於結合社區自主管理方面努力，相信在未來澎湖的觀光熱潮中，砵磔貝的生態旅遊將不會缺席。
- (九) 移植處選擇已有觀光業者進行浮潛之區域外，更應結合業者之力量進行社區或業者自主管理，以減少公部門之人力支出。
- (十) 長期以來內灣不見砵磔貝之蹤跡，推測應為冬天水濁不易砵磔貝光合作用及成長，或是因人為之採捕導致族群消失。在本次稚貝之內灣培育觀察，將可得到答案。倘在內灣海域砵磔貝仍可正常成長，那將來內灣之石滬珊瑚淺坪區，將可大量進行砵磔貝之養殖，以推展休閒觀光，並達到經濟性量產之目標。
- (十一) 目前國際已在 1983 年將砵磔貝，列為世界稀有海洋生物應加以保護。目前 CITES（華盛頓公約）已將砵磔貝分成兩大類，天然與養殖兩種，禁止捕撈天然資源，並規範除養殖產品外不能外銷。因此養殖產業勢必異軍突起，加上砵磔貝外表顏色豐富多變，近幾年來已成為水族市場的新寵兒，一個 10~15cm 之價格大約在新台幣 300~900 元之間，再加上養殖成本低更具備極大潛力，亦是值得養殖業者投入與開發的新興養殖產業。而本縣位處亞熱帶區，其水質條件與太平洋島國相當，加上 300 多公里的海岸線，天然內灣海域珊瑚礁區密集等等天然資源優勢，都將對本縣養殖砵磔貝的成功帶來更大的優勢。

六、參考文獻

- (一)黃貴民(民93), 硨磲貝人工養殖與市場現況。水產種苗第74期, 5月, p5-p16。
台北市。
- (二)謝恆毅、許鐘鋼、洗宜樂及蔡萬生(民94), 澎湖縣澎南區海域硨磲蛤及內垵
北港海域白棘三列海膽之族群數量調查, 澎湖縣, 澎湖縣農漁局。
- (三).Braley, R.D. (editor). 1992. The giant clam: hatchery and nursery culture manual. ACIAR
Monograph No. 15. 144 pp.
- (四).Ellis, S.(2000). Nursery and grow-out techniques for giant clams (Bivalvia: Tridacnidae).
Kalanianaʻole Highway. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture.
- (五).Gervis, M., J. Bell, T. Foyle, I. Lane and C. Oengpepa. 1996. Giant clam farming in the
South Pacific, past experience and future prospects. Proceedings of the international
workshop held from 20th November - 24th November 1995 at Ministry of Fisheries,
Tonga. 423 pp.
- (六)Heslinga, G.A., T. C. Watson and T. Isamu.(1990) Giant clam farming. Pacific Fisheries
Development Foundation (NMFS/NOAA), Honolulu, Hawaii, USA. 179 pp.
- (七)Heslinga, G.A.(1996) Clams to cash: how to make and sell giant clam shell products.
Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, publication No. 125. 71 pp.
- (八)Lucas, J.S. 1996. Mariculture of giant clams. In: Friend, K (editor). Present and future of
aquaculture research and development in the Pacific Island countries. Proceedings of the
international workshop held from 20th November - 24th November 1995 at Ministry of
Fisheries, Tonga. 423 pp.

七、圖表

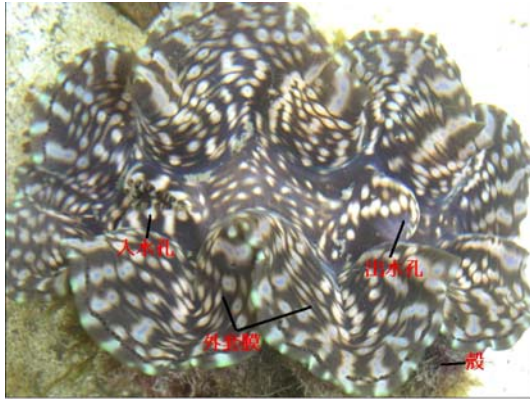


圖 1. 硨磲貝之外部構造

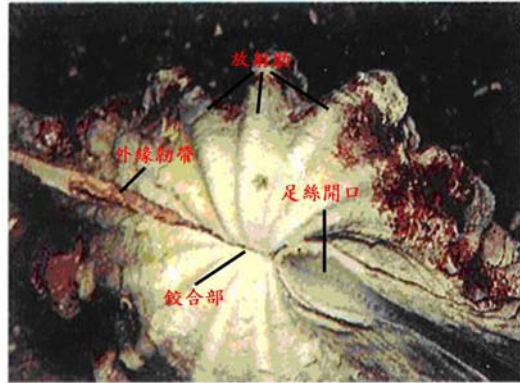


圖 2. 硨磲貝之背部構造

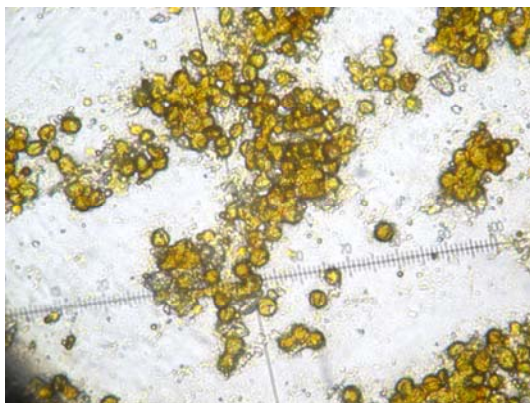


圖 3. 硨磲貝上之蟲黃藻(zooxanthelle)



圖 4. 硨磲貝之蓄養

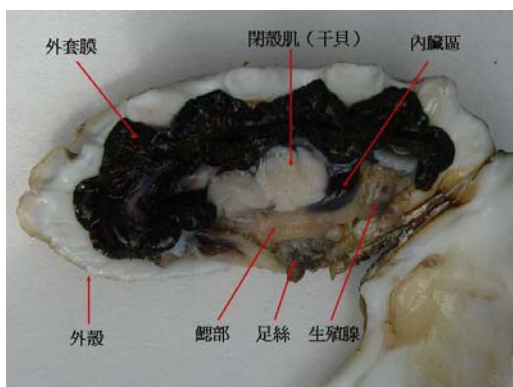


圖 5. 硨磲貝解剖後內部構造



圖 6. 硨磲貝生殖腺



圖 7.以 150 目/in²浮游生物網搓洗
製作生殖腺懸濁液



圖 8.利用生殖腺懸濁液刺激排精卵



圖 9. 碑礫貝之排卵



圖 10.以虹吸方式收集受精卵



圖 11.授精卵洗卵過程



圖 12.以電動雕刻刀編號標示



圖 13.用利可白於刻痕上標示編號



圖 14.用塑膠套固定使足絲固著於岩石上

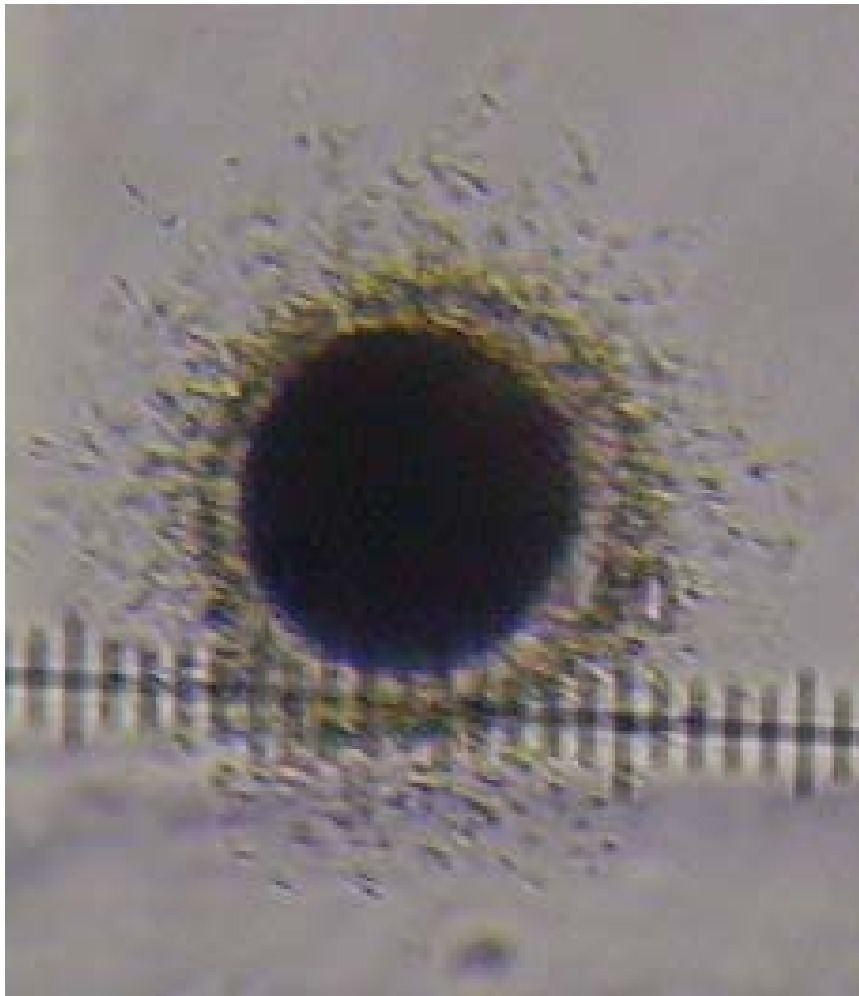


圖 15.授精卵（期間 10 分鐘）



圖 16.卵分裂期（期間 10min~10hr）

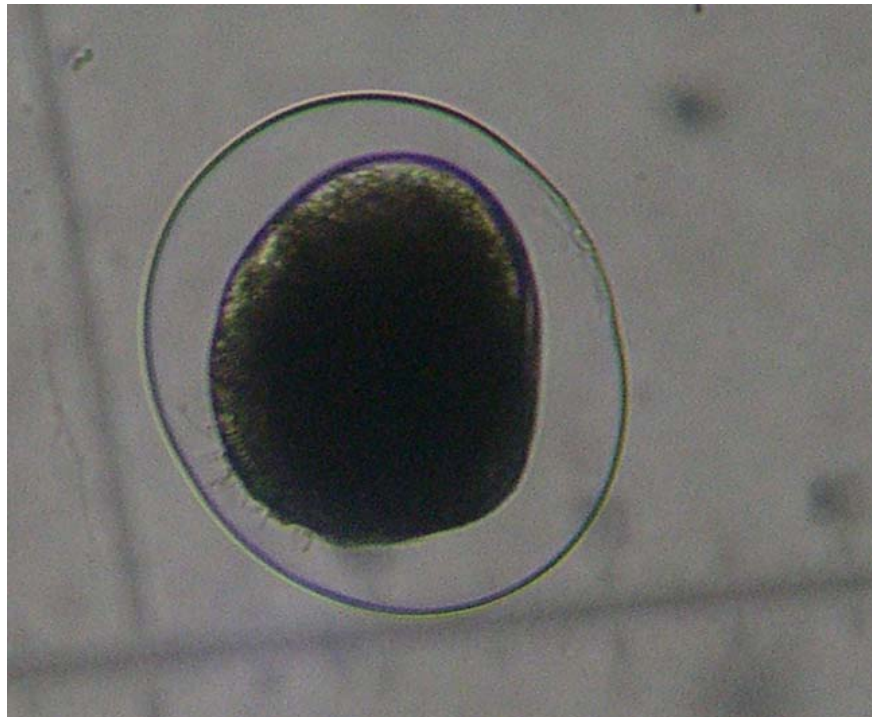


圖 17.卵膜內單輪子（期間 10~12hr）

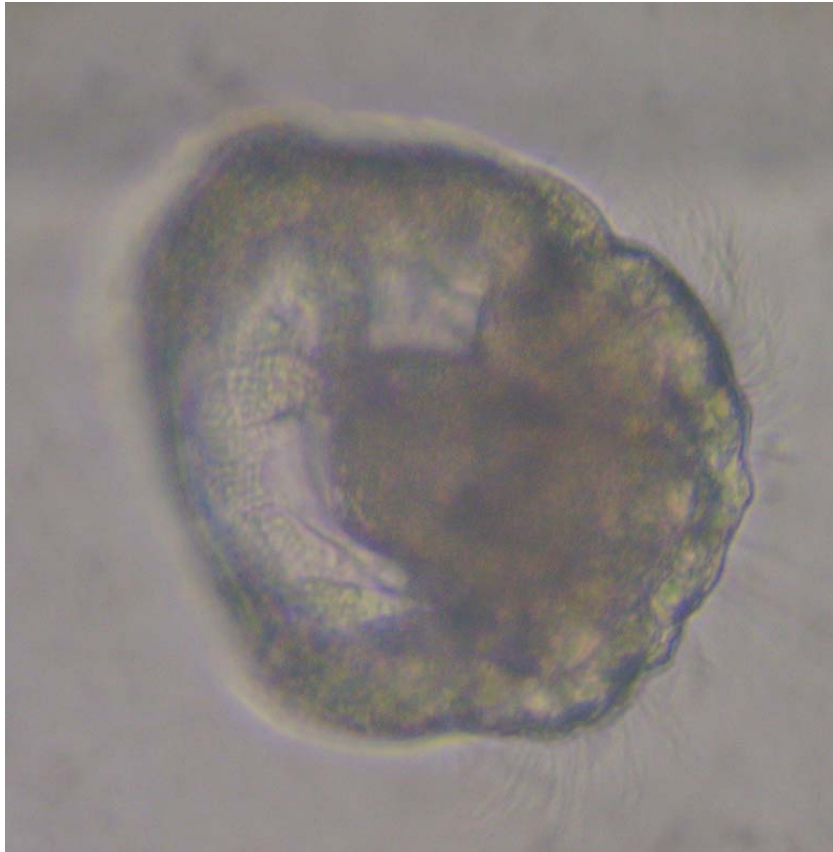


圖 18.游動單輪子（期間 12~40hr）

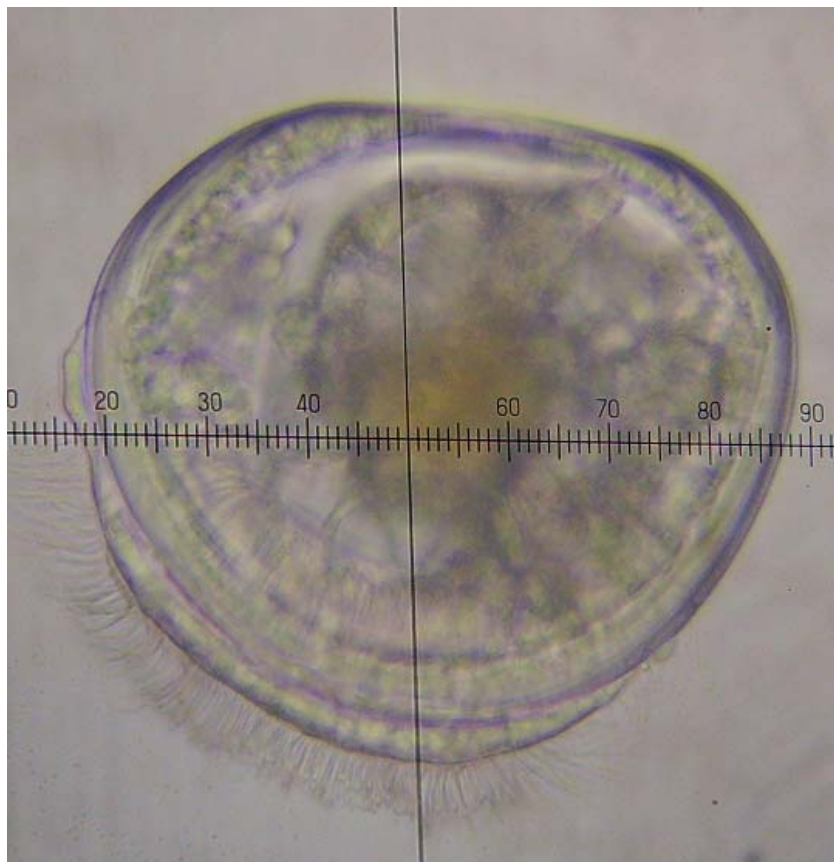


圖 19.初期被面子又稱 D 型幼蟲（期間 40hr~6 天）



圖 20.具斧足及纖毛之後期被面子（期間 6~12 天）

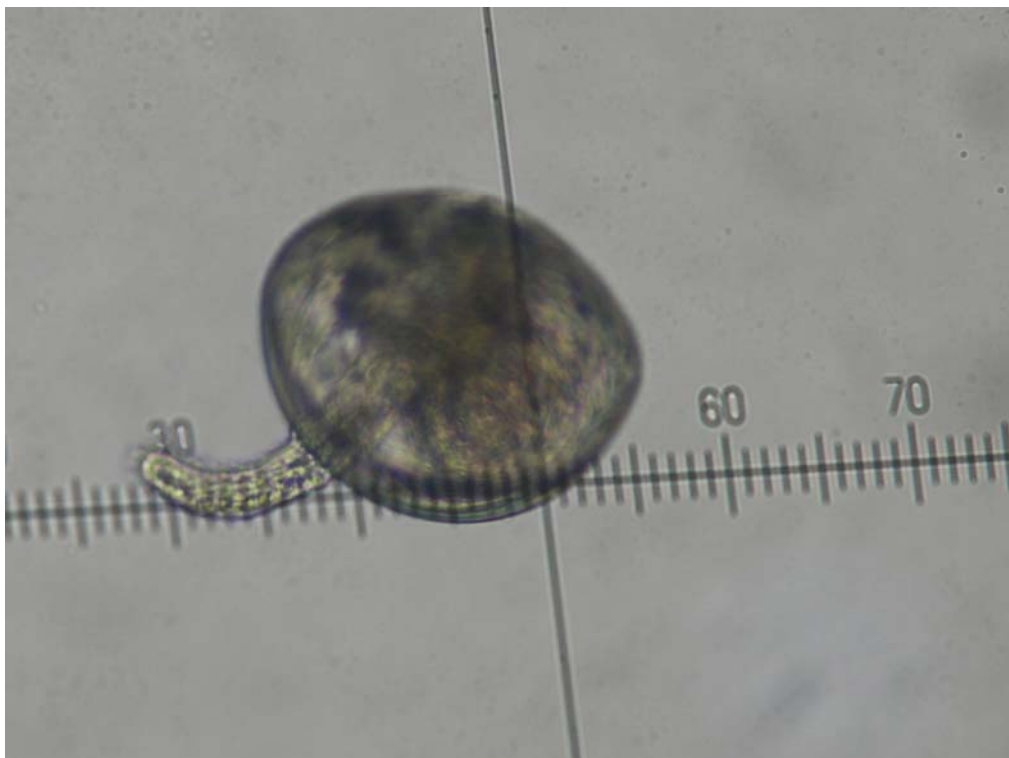


圖 21.具斧足但纖毛已消失之後期面被子（期間 6~12 天）

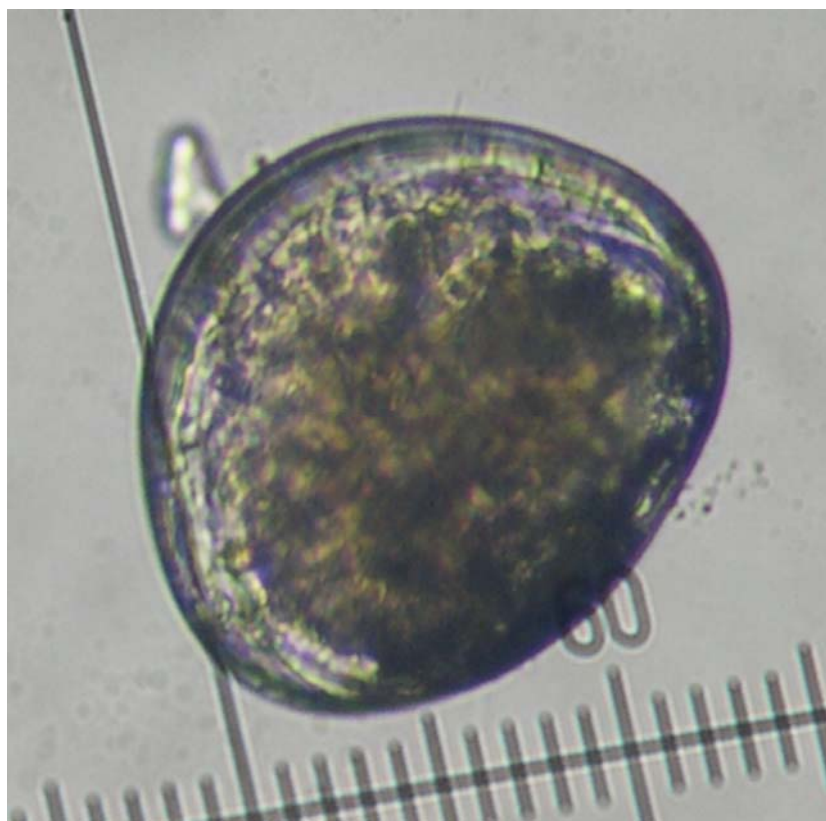


圖 22.具雙殼之幼貝（6~12 天）



圖 23.體型 1cm 左右之稚貝（約 3~4 個月）



圖 24.體型 5~8cm 稚貝（約 1 年）



圖 25.體型 12cm 之稚貝（約 2 年）



圖 26. 21cm 以上之成員（約 3~4 年以上）

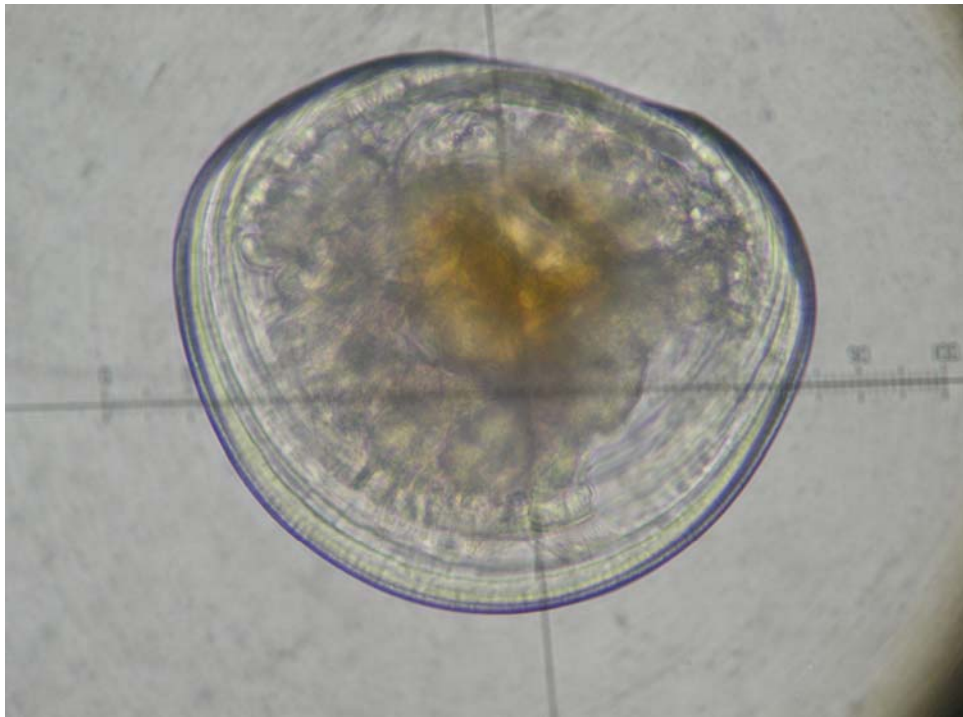


圖 27. 蟲黃藻附著於碑礫貝幼貝腸道內

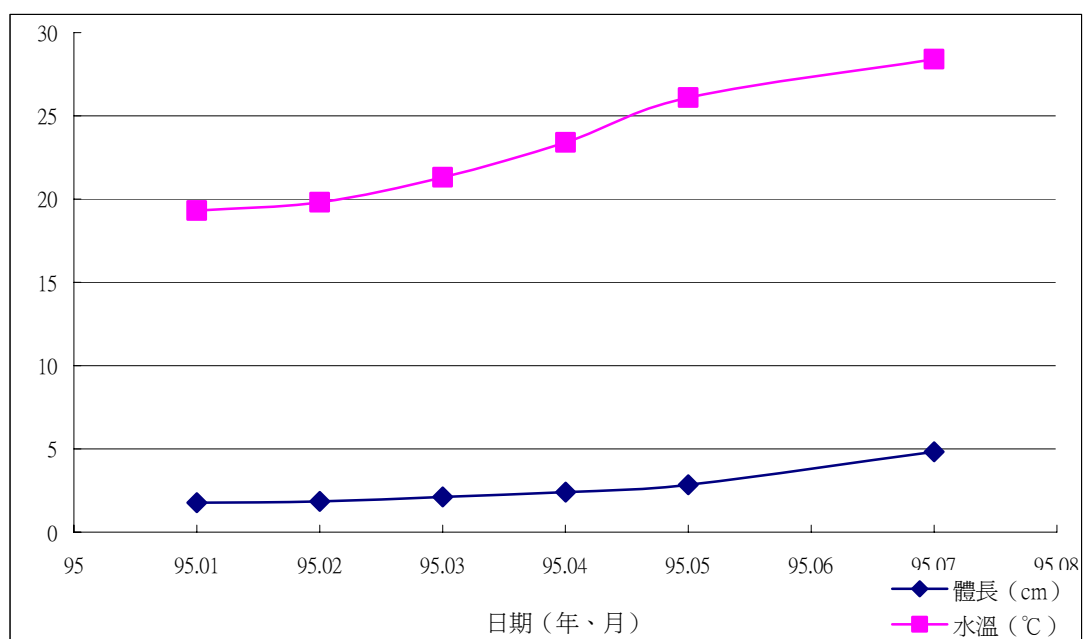


圖 28. 94 年 8 月孵化之硨磲貝各月之成長體型及水溫比較



圖 29. 硨磲貝移植入天然海域



圖 30. 硨磲貝於天然海域生長情形

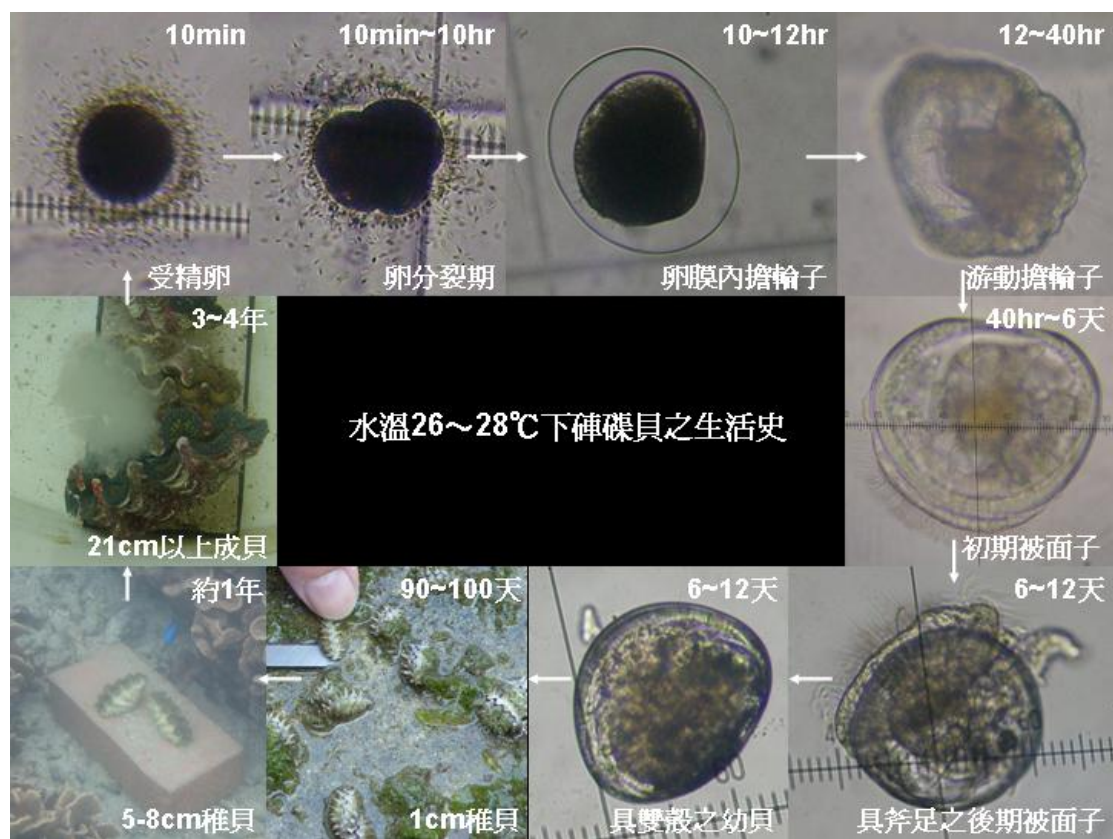


圖 31.硨磲貝之生活史

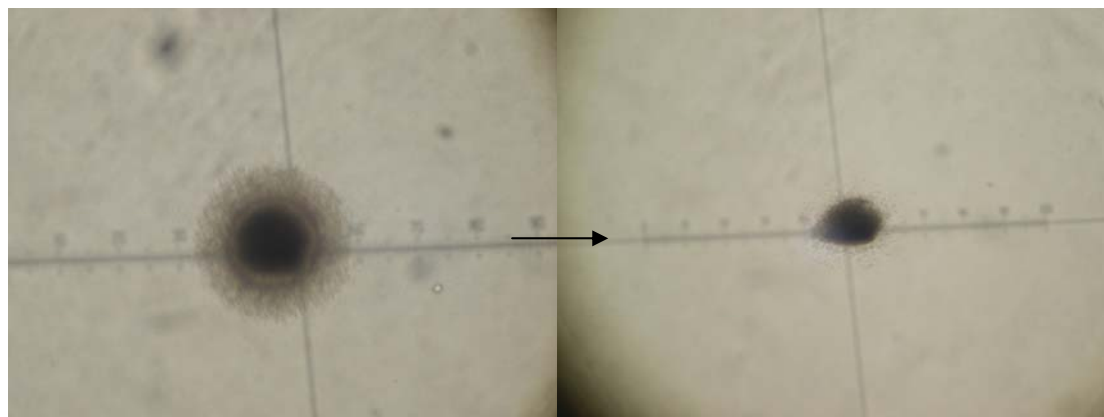


圖 32.多重受精後導致受精卵無法發育而死亡

表 1. 硨磲貝人工催產排卵體型一覽表

年度體型 編號	2004 年 (體型 cm)	2005 年 (體型 cm)	2006 年 (體型 cm)
1	24.4	22.1	20.7
2	25	24.5	21
3	30	24.9	21.2
4		26.4	21.5
5		28.3	22.4
6		29.3	23.2
7		30.2	23.5
8			25.4
9			26
10			26.2
11			28.5
12			28.7
13			29.3