

文蛤科學化養殖

Scientific Management Practices in Hard Clam Aquaculture



Hard clam

文蛤

行政院農業委員會水產試驗所
Fisheries Research Institute, COA

中華民國一〇八年四月
April 2019

序

文蛤是臺灣重要的經濟養殖貝類之一。臺灣的文蛤養殖起自於日治時代，且以潮間帶養殖為主，養殖區域從淡水河口至臺南的沿海區域。1970年代因文蛤的市場需求增加，淺海養殖的發展受限，魚塢養殖因而逐漸普遍，天然蛤苗不足供應養殖之需，此時臺灣於1980—1981年成功開發文蛤人工繁殖技術，並推廣至民間業者，適時解除了產業對蛤苗需求的困境。由於蛤苗的供應無虞，養殖業者的養殖技術及管理能力也趨純熟，塢養文蛤完成取代潮間帶養殖，並與牡蠣並駕齊驅成為臺灣水產最主要的養殖貝類。

依據2017年漁業統計年報，文蛤的養殖面積約7,718公頃、產量約52,062公噸，產值達50億元，養殖地區主要在雲林、彰化、嘉義和臺南等。近年由於氣候變遷、文蛤苗品質不穩定、養殖密度提高，導致氣候異常或季節交替時，易發生文蛤大量死亡情形。本所為因應氣候變遷及發展文蛤養殖管理的關鍵技術，致力於文蛤的科學化養殖相關研究多年，迄今已累積許多可資應用的成果與經驗。2017年邀集秦宗顯教授帶領的國立嘉義大學及劉秉忠教授帶領的國立臺灣海洋大學學者，加上本所研究人員共同組成文蛤科學化養殖研究團隊，查訪及輔導彰化、雲林、嘉義及臺南等地區的文蛤養殖業者，並推廣文蛤科學化養殖管理的作業流程，自收成後之曬池、整池、消毒、進苗及養成過程等，均落實科學化養殖管理方法，並配合適當降低放養密度、應用發酵飼料或超細粉飼料之投餵、益生菌的配合使用及底土氧化還原電位定期監測，以期降低文蛤養殖風險及提高單位面積產能。

截至2018年底，在16個養殖輔導戶中，剔除部分因2018年823水災致災的養殖戶，已有10戶落實科學化的養殖，文蛤單位面積產能均超過當地過往三年（2015－2017年）平均產能的150%，由輔導戶的成效中顯示，應用文蛤科學化養殖管理模式能提升文蛤的養殖效能，增加文蛤養殖的經濟效益。本所為落實文蛤科學化養殖管理的產業應用，請參與文蛤科學化養殖研究團隊的專家學者，將輔導成果透過簡淺易懂的文字撰寫「文蛤科學化養殖」特刊一書，特刊內容涵蓋文蛤之分類、分布及形態構造、生理學、種苗生產、養殖管理、餌料、疾病、成本分析及文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式開發等章節，將科學化養殖的操作流程及養殖模式的開發研究成果等，做為文蛤養殖的參考依據，期有助於文蛤產業的單位產能之提高及落實文蛤科學化養殖管理之推廣。

行政院農業委員會水產試驗所

所長

陳君如 謹識

中華民國一〇八年四月





| | |
|---------------------------------|-------------|
| 第一章 文蛤之分類、分布及形態構造 | 黃慶輝、宋嘉軒、蕭聖代 |
| 一、文蛤分類 | 1 |
| 二、文蛤分布 | 1 |
| 三、文蛤的形態構造 | 3 |
| (一) 外殼 | 3 |
| (二) 運動、呼吸及消化器官 | 3 |
| (三) 生殖器官 | 3 |
| 第二章 文蛤生理學 | 陳淑美 |
| 一、棲息環境及攝食 | 5 |
| 二、繁殖及發育 | 5 |
| 三、滲透壓調節 | 7 |
| (一) 滲透順應型(osmo-conformer) | 7 |
| (二) 滲透調節型(osmo-regulator) | 7 |
| 四、免疫反應與潛沙 | 10 |
| 五、血淋巴酸鹼調節 | 13 |
| 六、纖毛與攝食 | 13 |
| 第三章 文蛤之種苗生產 | 陳鴻議 |
| 一、蛤苗生產 | 15 |
| (一) 設施清洗與消毒 | 15 |
| (二) 水質處理 | 15 |
| (三) 餌料 | 15 |
| (四) 種貝選取與處理 | 16 |
| (五) 採卵、採精和受精觀察 | 16 |
| 二、蛤苗管理 | 16 |
| (一) 浮游期管理 | 16 |
| (二) 初期稚貝管理 | 17 |
| (三) 黑沙苗養殖管理 | 18 |



第四章 文蛤之養殖----- 李安進、陳淑美、劉秉忠、林正輝、秦宗顯

| | |
|-----------------------|----|
| 一、養殖生態----- | 19 |
| (一) 溫度----- | 19 |
| (二) 鹽度----- | 21 |
| (三) pH 值----- | 21 |
| (四) 營養鹽----- | 21 |
| (五) 葉綠素 a----- | 22 |
| (六) 硫化氫與底泥氧化還原電位----- | 22 |
| (七) 底泥硫化物的含量----- | 26 |
| (八) 菌相----- | 26 |
| (九) 藻相----- | 26 |
| 二、放養前準備工作----- | 27 |
| (一) 清淤----- | 27 |
| (二) 曬池----- | 27 |
| (三) 消毒----- | 27 |
| (四) 其他----- | 27 |
| (五) 蛤苗放養----- | 28 |
| 三、池塘管理注意事項----- | 29 |
| (一) 水質監測----- | 29 |
| (二) 益生菌之使用----- | 29 |
| (三) 工作魚、混養魚種----- | 30 |
| (四) 高溫----- | 33 |
| (五) 強降雨----- | 34 |
| (六) 疾病防治----- | 34 |
| (七) 文蛤出現死亡時的因應方法----- | 35 |
| (八) 似殼菜蛤及孔雀蛤的防治----- | 35 |
| 四、輔導養殖戶之文蛤養殖近況----- | 35 |
| (一) 彰化芳苑地區----- | 35 |
| (二) 臺南三股、七股、安平地區----- | 36 |

第五章 養殖文蛤的餌料 ----- 李安進、周芷儀、黃麗月

| | |
|---------------|----|
| 一、餌料生物----- | 39 |
| 二、輔助飼料----- | 42 |
| (一) 米糠----- | 44 |
| (二) 麩皮----- | 44 |
| (三) 粉頭----- | 45 |
| (四) 次級麵粉----- | 45 |
| (五) 大豆粉----- | 45 |
| (六) 玉米粉----- | 45 |
| (七) 魚粉----- | 45 |
| 三、液態飼料----- | 51 |

第六章 養殖文蛤之疾病 ----- 鄧晶瑩、朱惠真、盧彥伶、周昱翰

| | |
|--------------------------|----|
| 一、過去對文蛤致死原因之探討分析----- | 53 |
| 二、原蟲性疾病----- | 54 |
| 三、寄生蟲性疾病----- | 55 |
| 四、細菌性疾病----- | 55 |
| (一) 弧菌病(格蘭氏陰性桿菌壞死症)----- | 55 |
| (二) 類立克次體感染----- | 58 |
| (三) 環境因子對病原菌之影響----- | 59 |
| 五、病毒性疾病----- | 60 |
| 六、其他有害生物----- | 62 |
| (一) 螺----- | 62 |
| (二) 水母----- | 63 |
| (三) 藤壺----- | 63 |
| (四) 似殼菜蛤----- | 64 |
| (五) 蟹類----- | 64 |
| (六) 絲藻----- | 64 |
| 七、水質與底質之惡化----- | 65 |

| | |
|-------------------------------------|---------|
| 第七章 文蛤養殖成本分析 ----- | 黃振庭 |
| 一、文蛤產業概況----- | 67 |
| 二、臺灣文蛤生產經濟調查----- | 67 |
| (一) 材料與方法----- | 68 |
| (二) 臺灣文蛤養殖生產經濟----- | 69 |
| (三) 生產成本量化模型----- | 73 |
| 三、小結----- | 74 |
| | |
| 第八章 文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式開發 ----- | 周昱翰、陳高松 |
| 一、光電養殖微生態環境監測----- | 75 |
| (一) 試驗一：遮蔽率養殖微生態環境變化試驗----- | 75 |
| (二) 試驗二：不同遮蔽率及文蛤養殖方式中微生態環境變化----- | 76 |
| 二、文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式研發----- | 78 |
| (一) 遮蔽率對池水水溫的影響----- | 78 |
| (二) 遮蔽率對池水鹽度的影響----- | 78 |
| (三) 遮蔽率對文蛤養成的影響----- | 81 |
| (四) 遮蔽率對文蛤池產量的影響----- | 81 |
| | |
| 第九章 結論與建議 ----- | 秦宗顯、劉秉忠 |
| 一、結論----- | 83 |
| 二、文蛤養殖現況之建議----- | 85 |
| 三、文蛤養殖管理之建議----- | 85 |
| | |
| 參考文獻 ----- | 88 |
| | |
| 中英文單位對照表 ----- | 95 |





第一章 文蛤之分類、分布及形態構造

黃慶輝¹、宋嘉軒²、蕭聖代³

¹水產試驗所水產養殖組、²企劃資訊組、³海洋漁業組

一、文蛤分類

文蛤的分類地位隸屬於軟體動物門 (Mollusca)、雙殼綱 (Bivalvia)、簾蛤目 (Veneroida)、簾蛤科 (Veneridae)、文蛤屬 (*Meretrix*)，在雙殼綱的形態分類依據主要參考指標包含：(1)殼體形態、絞齒 (hinge teeth) 數目及韌帶位置；(2)外殼表面雕紋；(3)閉殼肌大小、位置及相對之壁殼肌痕 (adductor muscle scar)；(4)外套膜所產生的套線 (pallial line)；(5)出入水管的形態及所產生之套線彎 (pallial sinus)；(6)鰓部結構、鰓瓣及纖毛形態，其中殼體殼表形態、絞齒、閉殼肌痕、套線及套線彎是最常使用的項目。

臺灣地區文獻記載有文蛤屬的文蛤有 5 種 (圖 1-1—圖 1-5)，包含：韓國文蛤 (*Meretrix lamarckii*)、文蛤 (*M. lusoria*)、皺肋文蛤 (*M. lyrata*)、臺灣文蛤 (*M. meretrix*) 及中華文蛤 (*M. petechialis*)，目前養殖的種類以 *M. lusoria* 為大宗。

除利用形態的特徵進行分類研究之外，粒線體基因的 DNA 序列也是常用的分類判定的依據之一，目前細胞色素 c 氧化酶 I (cytochrome c oxidase I, COI) 基因最廣泛

被使用的基因片段，也是國際公認的生命條碼，在無脊椎動物中可使用通用性引子 (LCO1490: 5'-ggccaacaatcataaagatattgg-3' 及 HC02198: 5'-taaacttcagggtgaccaaataatca-3') 進行分析，PCR 的反應條件為：94°C 2 分鐘、94°C 30 秒、56°C 30 秒、72°C 30 秒、72°C 10 分鐘，擴增出的目標片段約 710 bp，將此 DNA 序列與美國國家生物技術資訊中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 基因資料庫即可進行比對。

二、文蛤分布

文蛤屬主要分布於印度-西太平洋地區沿岸 (Yoosukh and Matsukuma, 2001; Zhang et al., 2012)，英文俗稱為 Asian hard clam，為東亞、東南亞及東非的重要經濟貝類。文蛤具有潛沙的習性，喜好棲息於具細沙質的河口、內灣或淺海。其地理分布如下：

韓國文蛤

分布於韓國、日本、中國及臺灣，棲息環境主要為鄰接外洋的沿岸淺海。

文蛤

分布於韓國、日本、中國及臺灣，相較



圖 1-1 韓國文蛤(*Meretrix lamarckii*)



圖 1-2 文蛤(*Meretrix lusoria*)



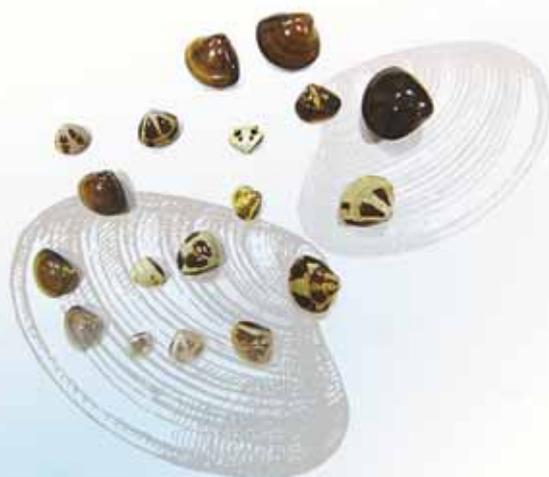
圖 1-3 皺肋文蛤(*Meretrix lyrata*)



圖 1-4 臺灣文蛤(*Meretrix meretrix*)(謝淑秋提供)



圖 1-5 中華文蛤(*Meretrix petechialis*)



於韓國文蛤，本種偏好棲息於海浪較為平緩的河口及有淡水注入的內灣。在臺灣的採集調查結果以本種的分布最廣且數量最多。

皺肋文蛤

分布於中國南部、臺灣、越南、菲律賓及印尼。

臺灣文蛤

分布從日本、中國、臺灣及菲律賓到非洲東部，本種的地理分布最為廣泛。

中華文蛤

分布於中國、南韓及臺灣。

三、文蛤的形態構造

(一) 外殼

文蛤屬 (*Meretrix*) 物種其特徵為殼質堅厚，為卵圓且略呈三角形，且殼之前端較為短圓但後端較為尖銳，殼頂呈膨脹狀，且偏向前方。其外殼色彩斑紋變異甚大，顏色有深褐色、深灰色、黃色、米黃色、白色等，殼內面呈瓷白色；殼上花紋有年輪狀、八字形、點狀斑紋等式樣。文蛤兩殼大小相等，將殼頂朝上，前端向前時，左邊的殼即為左殼，右邊的則為右殼 (巫等，1992) (圖 1-6、1-7)。以目前臺灣發現的五文蛤屬物種來說，韓國文蛤其殼較扁且更接近三角形，皺肋文蛤其殼上具有凹凸不平的粗輪肋之外，其餘三種其殼外形皆十分接近，相關文獻曾就殼的前後緣長度、殼高及殼寬等長度之比值 (Torii et al., 2010)、套線彎的大小、彎入長度及形狀 (Hamli et al., 2016) 對於臺灣文蛤、普通文蛤及中華文蛤之野外族群

進行辨種，惟臺灣養殖文蛤發現有近緣種雜交之情形，這增加了以形態區分此 3 物種的困難度。

(二) 運動、呼吸及消化器官

文蛤藉著前後閉殼肌 (adductor muscle) 及韌帶控制雙殼的閉合，文蛤的前閉殼肌較小而狹長，呈長橢圓形；後閉殼肌則較大且寬，呈卵圓形，外套膜 (mantle) 則包圍整個文蛤的軟組織。文蛤的眼、觸角及齒舌都於二枚貝演化過程中失去，由特化的斧足，配合體液的流動以及閉殼肌之配合，在水底進行移動以及潛沙。文蛤平常潛沙埋棲的時間長，進食時利用出水管 (exhalant siphon) 及入水管 (inhalant siphon) 進行濾食，出水管較入水管短，且出水管先端觸鬚數目少於入水管，另出入水管其先端常有黑色沉澱。呼吸方面，文蛤左右側具有各一對鰓，在外側稱為外鰓 (outer demibranchia)，內側稱為內鰓 (inner demibranchia)，內鰓較外鰓為長，且具食物溝 (food groove)，如水管濾食的食物經由鰓上纖毛的運送經由食物溝進入文蛤的唇瓣而到達口中，再經食道、胃及腸，最後由肛門將消化之殘渣透由出水管排出體外 (巫等，1992)。

(三) 生殖器官

文蛤一般為雌雄異體，並行體外受精，生殖腺一般包圍內臟周圍，且將消化器官覆蓋，但在非生殖季節時生殖腺不成熟難以觀察，在生殖季節時，解剖雄貝可觀察到乳白色的精巢，雌貝則可觀察到略帶金黃色的卵巢，生殖巢完全成熟時會覆蓋整個消化腺，另偶爾可觀察到雌雄同體 (巫等，1992)。



圖 1-6 文蛤殼內面示意圖

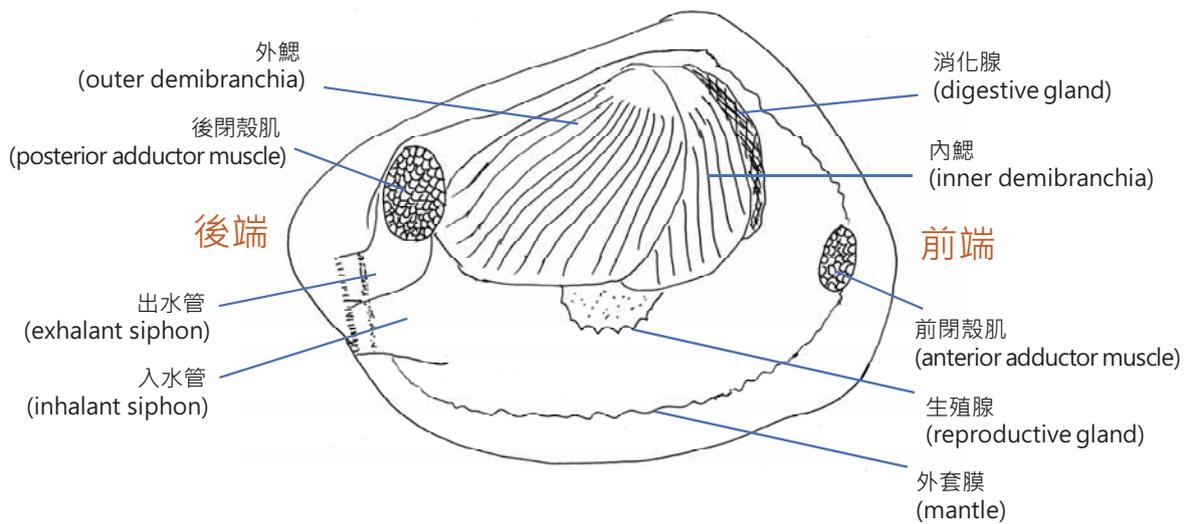
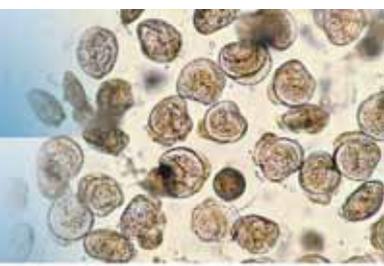


圖 1-7 文蛤外套膜內構造示意圖(改自巫等，1992)



第二章 文蛤生理學

陳淑美

國立嘉義大學水生生物科學系

文蛤 (*M. lusoria*) 原分布於日本海、本州、四國與九州等太平洋沿岸、渤海、黃海與朝鮮半島 (吉良, 1976; Habe, 1977), 於 1934 年被引進臺灣, 並放養於淡水河口, 後因河口環境變遷, 以致文蛤產量不多。而後當地的漁民於淡水河口三角洲採集小型文蛤幼苗, 放養至西南沿岸各河口附近的半淡鹹水區 (李, 1982)。

臺灣西海岸本多沙地及河口, 極適合文蛤生產, 所以臺灣於 1980—1981 年間建立起文蛤人工繁殖育苗技術, 並於 1983 年大量繁殖, 使得養殖面積在西海岸快速增加, 成為臺灣極重要之養殖貝類之一。因文蛤肉味鮮美清甜, 富含蛋白質, 鈣、磷、鐵質及微量元素等營養, 適於煮湯、炒或烤等食用, 故文蛤為國人家庭及海鮮餐廳菜餚中常見的食材 (陳, 2003)。根據漁業署漁業統計年報資料顯示, 2017 年我國文蛤主要以內陸養殖為主, 面積約 7,718 公頃, 佔 95% 以上, 產量 52,062 公噸, 產值達 50 億元, 居貝類產量及產值之冠, 產地集中在雲林、嘉義及臺南地區 (臺灣地區漁業統計年報, 2017)。

一、棲息環境及攝食

文蛤適合棲息環境之含沙率在 50—90%。正常情況下會潛入沙中, 並依沙質鬆軟程度不同, 其潛入的深度也有所不同, 沙土愈鬆軟, 所潛入的深度愈深, 由於出入水管不長也不發達, 故大多會潛入至出入水管可伸出土表的深度。文蛤為濾食性生物, 出入水管是文蛤排泄與攝食的構造, 其利用外套腔內的鰓及口部的唇瓣進行濾食 (圖 2-1), 其食物種類繁多, 包括水中浮游生物、懸浮性顆粒、水溶性物質和底部分解中之可再懸浮性有機物質。以鰓部過濾懸浮物質的攝取食物方式。

二、繁殖及發育

文蛤為雌雄異體, 行體外授精, 一般在 3—10 月間可取得發育成熟之個體, 藉由化學或物理刺激法, 促使文蛤排精、排卵, 目前繁殖業者多自文蛤養殖場租用成熟的種貝, 於陰涼通風處, 以陰乾 1 小時後再覆水的方式促使文蛤排精、排卵。受精卵的孵化過程需要適量的打氣帶動水流以維持受精卵漂浮在水體中。在 25°C 水溫下約 20 小時發育成「D」型浮游苗 (圖 2-2), 其以纖毛在水中行走並開始攝食, 此時可投餵擬球

藻、等鞭金藻或其他微細藻類作為餌料來飼養。浮游苗期間約 7-10 天，最後變態沉底成為稚貝（劉，1989）。

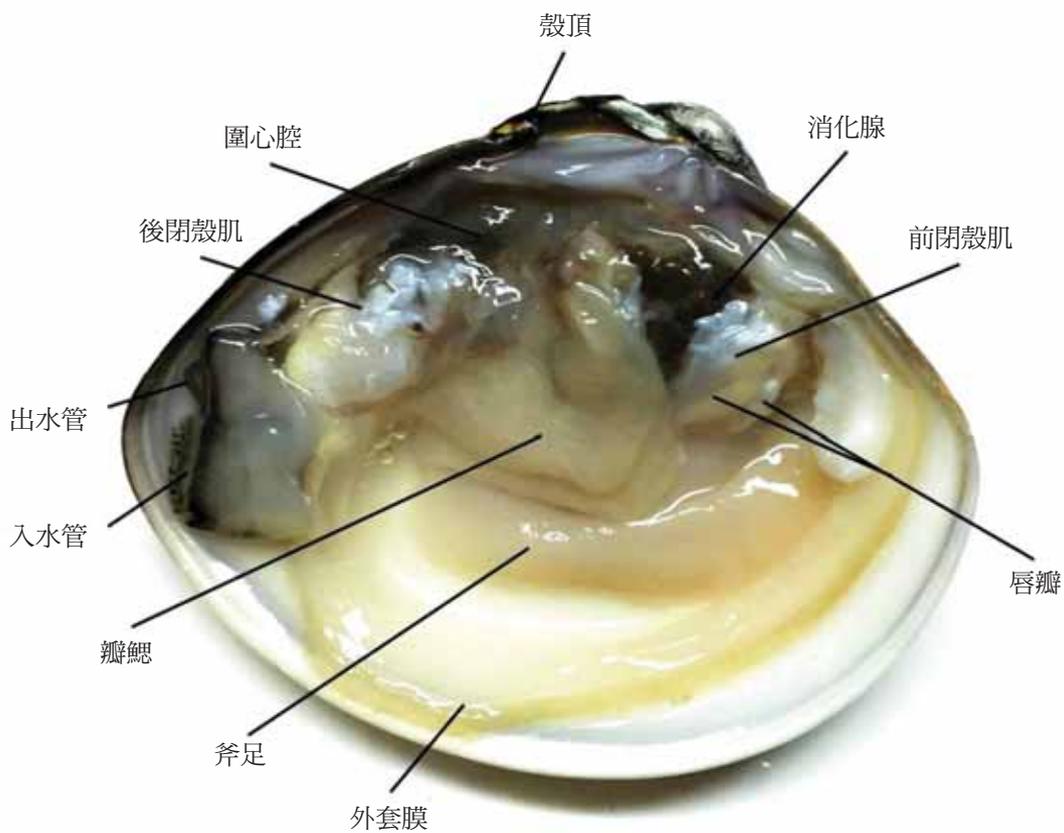


圖 2-1 文蛤伸出水管(後)與入水管(前)進行排泄與濾食(上)以及其內部構造(下)

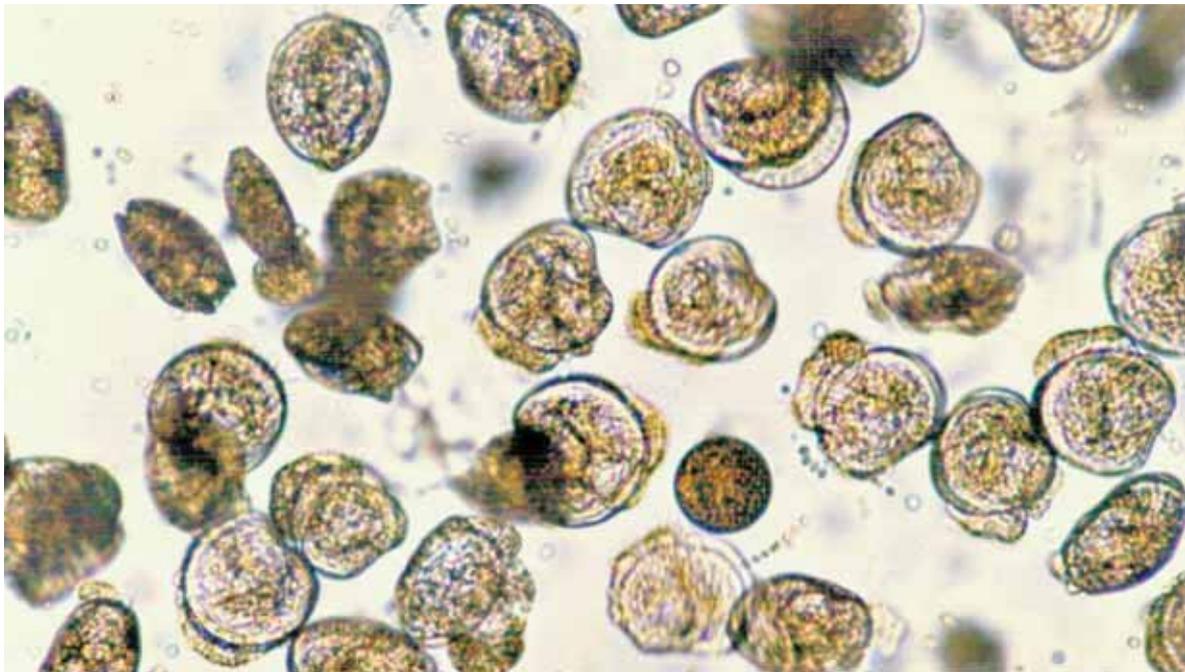


圖 2-2 文蛤的 D 型幼蟲(周昱翰提供)

三、滲透壓調節

水生動物生活在水環境中，會面臨淡水或海水等不同鹽度的水環境，因此滲透壓調節是水生動物生存所必須的生理功能，而鈉 (Na^+) 及氯 (Cl^-) 是血液中調節滲透壓的主要離子，約佔 90% 以上，其他的組成還包括鈣 (Ca^{2+})、鎂 (Mg^{2+}) 及鉀 (K^+) 離子、胺基酸等。水生動物的滲透壓調節模式，主要分成 2 大類：

(一) 滲透順應型(osmo-conformer)

在生物體可容忍的鹽度範圍內，生物體內滲透壓會隨著外在環境改變而改變，體內滲透壓變化較大，例如無脊椎動物的甲殼類和貝類。

(二) 滲透調節型(osmo-regulator)

在生物體可容忍的鹽度範圍內，生物體

會調節體內滲透壓並保持恆定，滲透壓不因外在環境改變而變動，例如魚類。而外在環境的遽變，如溫度、鹽度或污染源等，會造成生物體的緊迫反應，導致死亡。菲律賓簾蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 暴露於鹽度急遽上升環境時，會降低其血球細胞吞噬能力；美東牡蠣 (*Crassostrea virginica*) 在生活溫度上升以及鹽度遽變時，死亡率亦有增加的狀況 (Hégaret et al., 2003)。

大多數的海水、潮間帶及河口二枚貝都是屬於滲透壓順應型生物，故面臨環境中鹽度突然改變時，血淋巴滲透壓會順應外在環境的改變而改變，達到穩定的狀態。然而，當其面臨急遽的鹽度變化時，或因族群中體弱者無法迅速調節滲透壓，或因鹽度變化太大，在短時間內仍會出現個體死亡 (Bayne et al., 1976; Davenport and Fletcher, 1978)。

此外，當水中鹽度改變的幅度足以影響二枚貝的生理功能時，二枚貝便會採取閉殼的方式來渡過極端的環境，例如文蛤在水溫 24 °C，鹽度為 10 psu 的環境，其出入水管開口的比率比鹽度為 20 psu 和 30 psu 為低(李等，2002)。而 Chen and Slinn (1980) 及 Dall (1981) 均認為沿岸或河口之生物體內滲透壓可反應生物之生存鹽度範圍及對外在環境緊迫的耐受程度。

文蛤為廣鹽性貝類，滲透壓調節方式亦

為滲透-順應型，鹽度與溫度遽變會影響文蛤的滲透壓調節表現。在鹽度 10–33 psu 環境下，血淋巴滲透壓會隨鹽度上升而增加(圖 2-3)。在溫度 25°C 下，分別將文蛤由鹽度 20 psu 環境中，遽升至 33 psu 或遽降至 10 psu，經 48 小時後，文蛤的血淋巴滲透壓從 520 mOsm/kg (514–530 mOsm/kg) 分別上升至 839 mOsm/kg 及下降至 277 mOsm/kg (圖 2-4)。顯示文蛤對急性高鹽度的適應性較好，血淋巴滲透壓在 3 小時後即

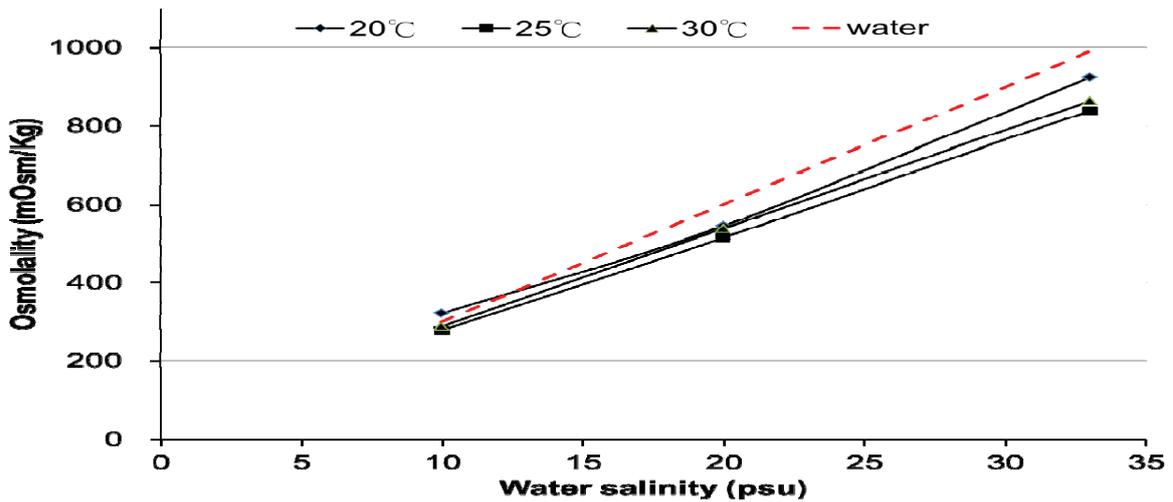


圖 2-3 在鹽度 10-33 psu 環境下，文蛤血淋巴滲透壓的表現模式。3 種不同溫度下(20、25 及 30°C)，文蛤滲透壓調節模式均呈現滲透順應型

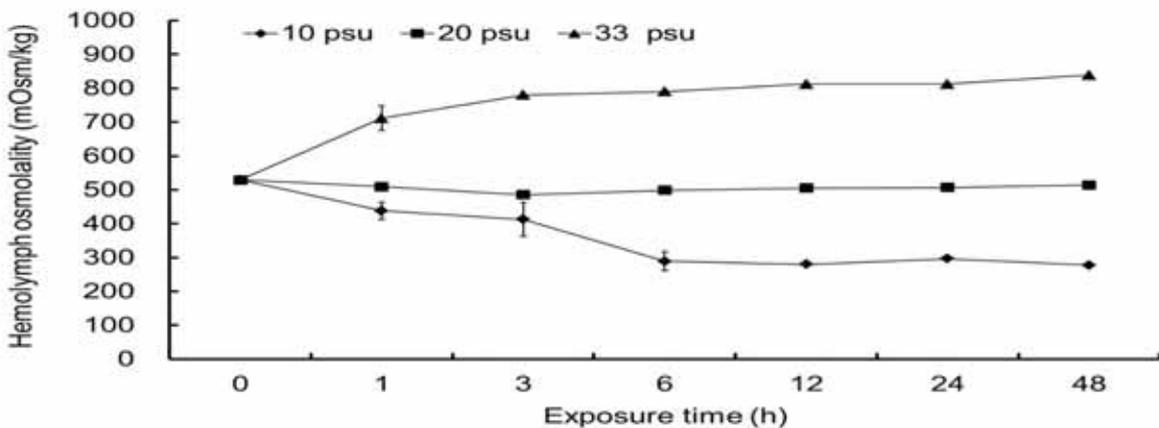


圖 2-4 在 25°C 下將文蛤由鹽度 20 psu 分別遽升至 33 psu 或遽降至 10 psu 後，其滲透壓表現情形

顯著上升並趨於平緩，但對急性低鹽度的適應性較差，血淋巴滲透在 6 小時後才顯著下降並趨於平緩。若加上溫度劇變因子，將溫度由 25°C 分別遽升至 30°C 或遽降至 20°C，同時加上急性高低鹽度（由鹽度 20 psu 分別遽升至 33 psu 或遽降至 10 psu）處理後，也有類似的滲透壓表現模式。文蛤在急性高溫（33°C）下，血淋巴滲透壓分別上升至 864 mOsm/kg 及下降至 288 mOsm/kg（圖 2-5）；而在急性低溫（20°C）處理下，血淋巴滲透壓分別上升至 925 mOsm/kg 及下降至 321 mOsm/kg（圖 2-6）。經計算文蛤血淋

巴滲透壓前後差值發現，鹽度由 20 psu 遽降至 10 psu 時，急性溫度改變（不論高低）不僅會加速文蛤血淋巴滲透壓下降的速度，血淋巴滲透壓值也比較低（圖 2-7）。而當鹽度由 20 psu 遽升至 33 psu 時，急性溫度改變（不論高低）則會減緩文蛤血淋巴滲透壓上升的速度，且急性高溫（30°C）處理下文蛤血淋巴滲透壓值較 25°C 及 20°C 組低（圖 2-8）。由以上結果顯示，在鹽度遽變下，高溫環境會降低文蛤面對鹽度變化時的滲透壓調節能力（Chen et al., 2011; 何，2009）。

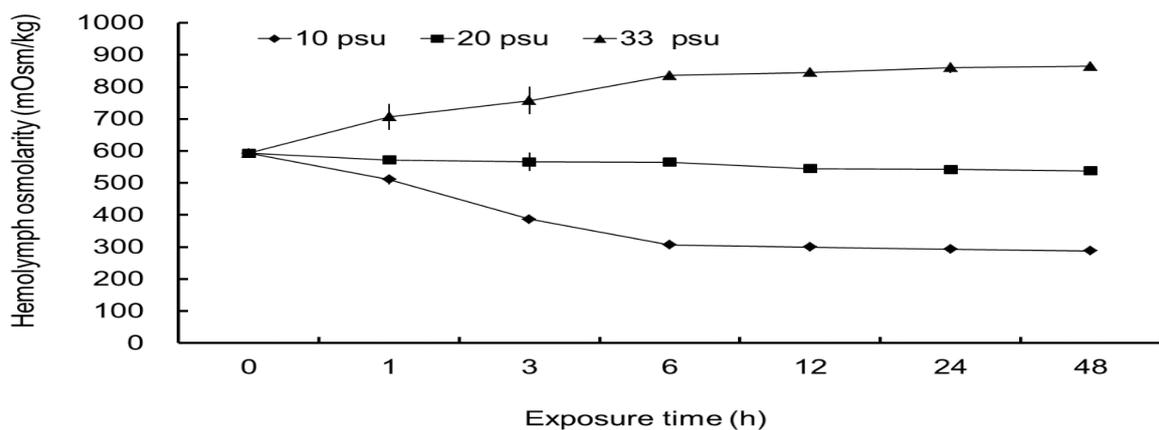


圖 2-5 在 33°C 下將文蛤由鹽度 20 psu 分別遽升至 33 psu 或遽降至 10 psu 後，其滲透壓表現情形

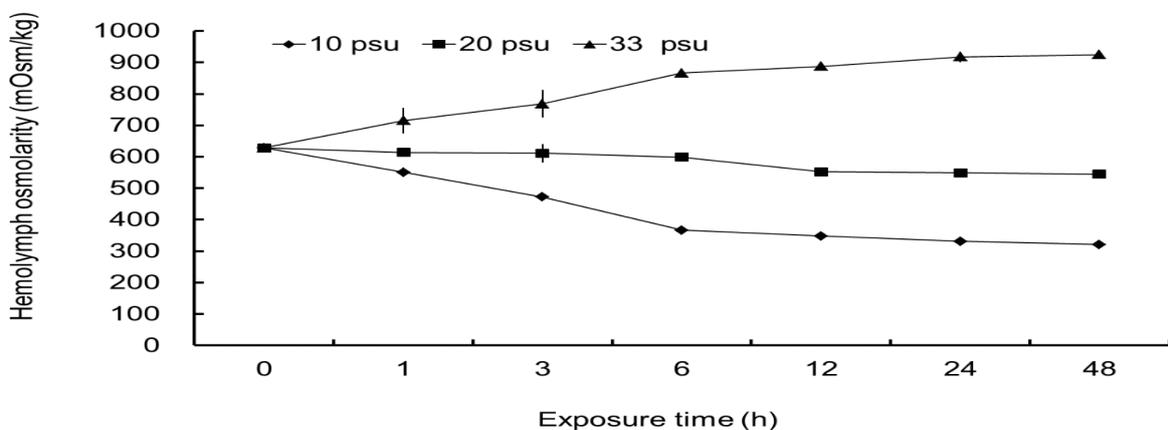


圖 2-6 在 20°C 下將文蛤由鹽度 20 psu 分別遽升至 33 psu 或遽降至 10 psu 後，其滲透壓表現情形

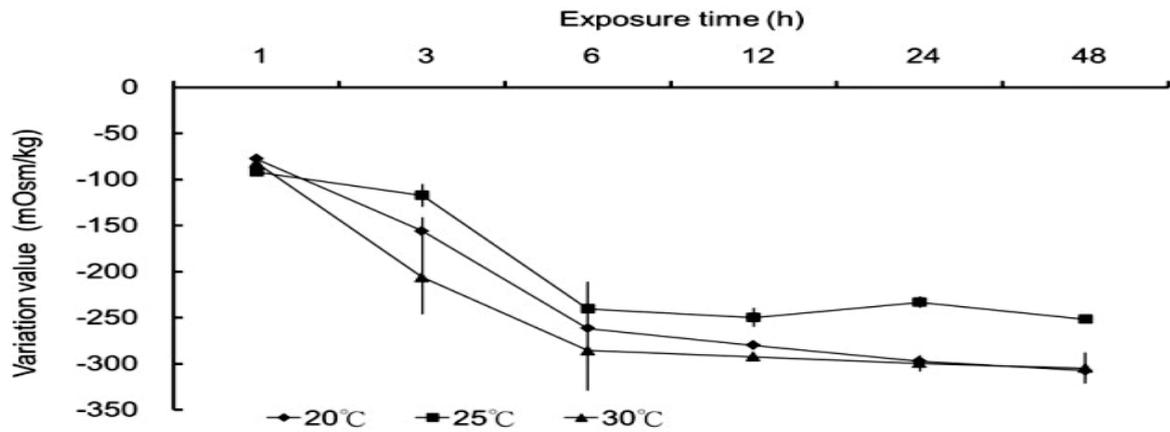


圖 2-7 在 25°C 下急性低鹽度(由 20 psu 遽降至 10 psu)及變溫(由 25°C 分別上升至 30°C 或降低至 20°C)處理後，文蛤血淋巴滲透壓下降之差值變化表現情形

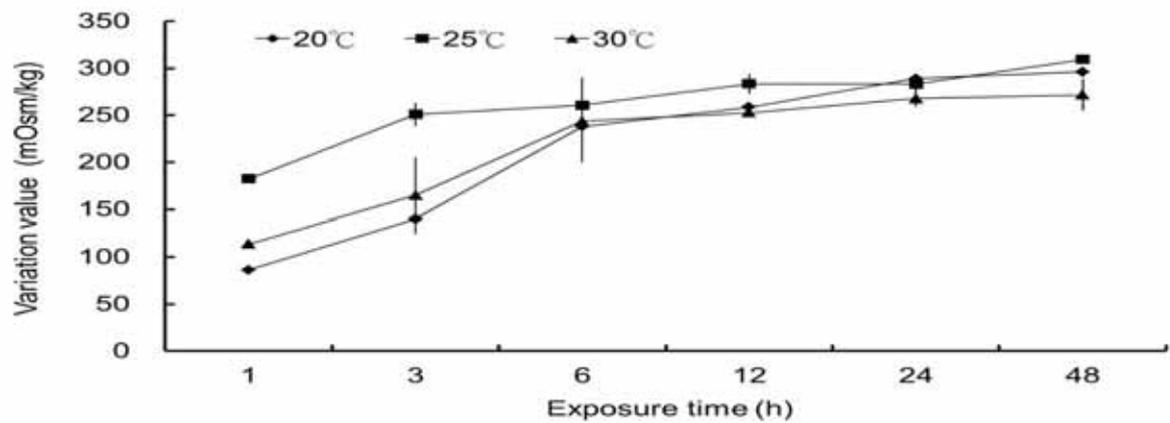


圖 2-8 在 25°C 下急性高鹽度(由 20 psu 遽升至 33 psu)及變溫(由 25°C 分別上升至 30°C 或降低至 20°C)處理後，文蛤血淋巴滲透壓上升之差值變化表現情形

四、免疫反應與潛沙

貝類為無脊椎動物，其不具有 T 淋巴細胞及 B 淋巴細胞，不能產生抗體進行特異性的免疫防禦機制，而是依靠非特異性免疫防禦機制。非特異性免疫防禦機制可分為細胞性及體液性防禦。貝類的血球細胞 (haemocyte) 已知有多種生理功能包括傷口癒合、殼的修復、消化、養分的運輸及分泌 (Cima et al., 2000)。血球細胞也可透過

吞噬作用 (phagocytosis) 以排除外來物 (Barracco et al., 1999; Cima et al., 2000; Park et al., 2002)，也是貝類體內對抗外來物質 (如細菌) 主要的防禦細胞 (Pipe and Coles, 1995)。文蛤的血球細胞依據細胞質中嗜伊紅性顆粒的有無及顆粒的大小，可分三種細胞型態：嗜酸性大顆粒球 (large eosinophilic granulocyte, LEG)、嗜酸性小顆粒球 (small eosinophilic granulocyte, SEG) 及透明球 (hyalinocyte, HY) (圖 2-9) (林，

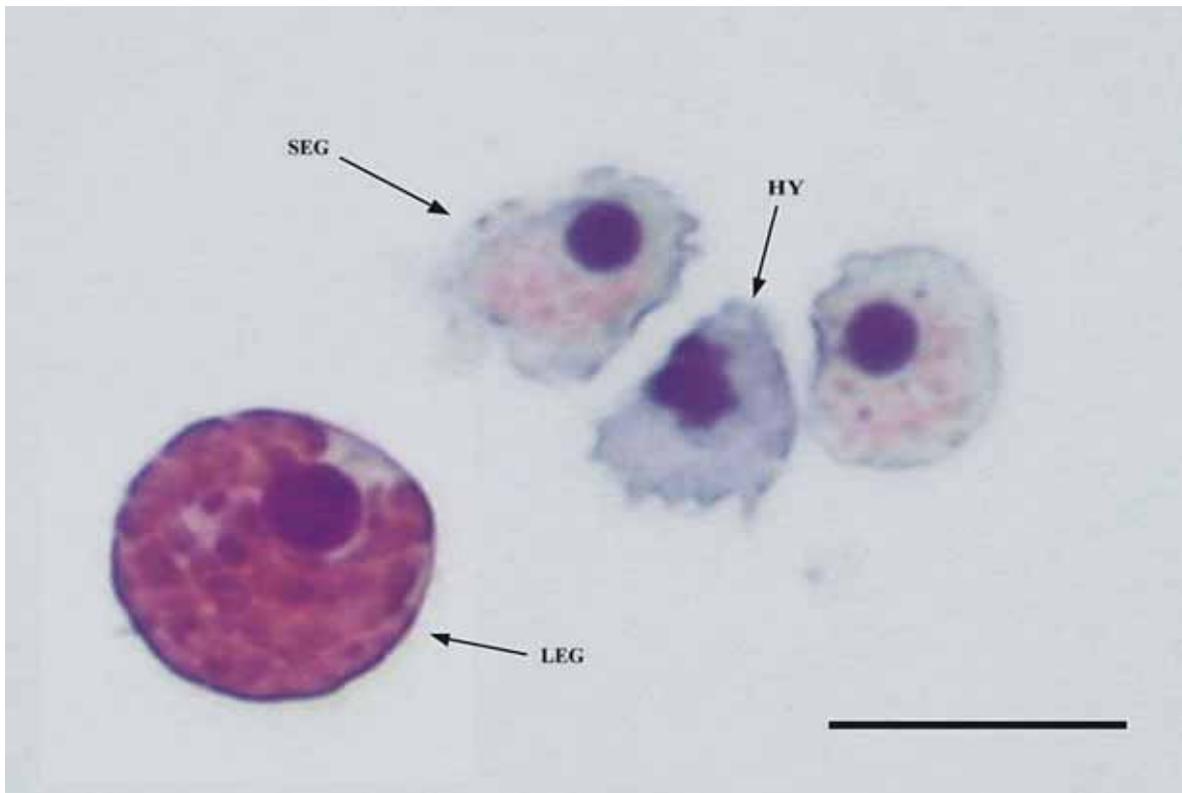


圖 2-9 光學顯微鏡下文蛤三種血球細胞的型態(染劑：劉氏染劑)(LEG：大顆粒嗜酸性粒球；SEG：小顆粒嗜酸性粒球；HY：透明球。scale bars = 10 μ m)

2007)。外在環境如鹽度與溫度遽變也會影響貝類免疫能力的表現。當溫度劇昇（由 20°C 上升至 28°C）時會造成美東牡蠣 (*C. virginica*) 血球細胞數減少、吞噬與凝集作用降低以及呼吸爆活性增加 (Hégaret et al., 2003)。將太平洋牡蠣 (*C. gigas*) 短時間暴露在不同溫度下 (4、11、20、25、35、40 及 50°C) 其血球細胞的吞噬能力會隨溫度增加而有上升的趨勢；但其在 40°C 及 50°C 環境下血球細胞的死亡率則顯著高於其它處理組 (Gagnaire et al., 2006)。先前的研究結果顯示，文蛤在低鹽度處理下，其免疫反應會顯著下降，但在短時間內 (48 小時) 高鹽度處理並不會影響文蛤的免疫反

應。在 25°C 下，與鹽度 20 psu 及 33 psu 比較，低鹽 (10 psu) 環境會顯著降低文蛤血淋巴細胞的吞噬及清除能力。另外，高溫 (30°C) 環境也會降低文蛤血淋巴細胞的吞噬及清除能力，當文蛤在鹽度遽降 (由鹽度 20 psu 降至 10 psu) 及溫度遽升 (由溫度 25°C 上升至 30°C) 時，也就是接近夏季高溫多雨的環境下，會顯著降低文蛤免疫能力和抵抗溶藻弧菌侵襲的能力之表現 (圖 2-10) (Chen et al., 2011)。

文蛤具有潛沙能力，一般潛沙的深度以位於文蛤體後端出入水管能露出底泥表面為主。在鬆軟沙質的底泥中，如遭受干擾會迅速向下潛逃，但下潛最大深度必須讓出入

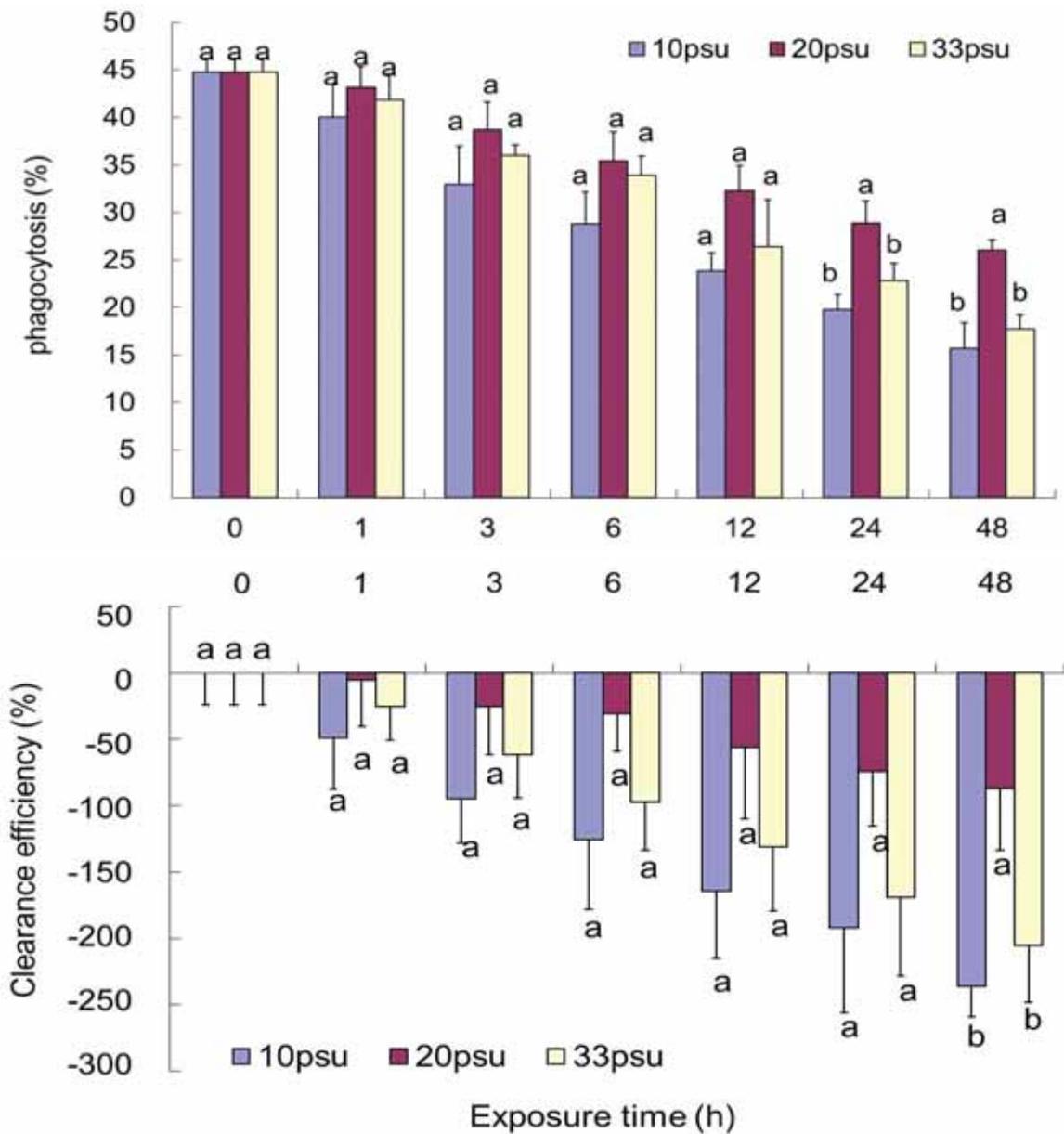


圖 2-10 在急性高溫(由 25°C 上升至 30°C)及急性鹽度(由 20 psu 遽降至 10 psu 或遽升至 33 psu)處理後，文蛤血球細胞吞噬能力(上)以及清除溶藻弧菌能力(下)的表現情形

水管伸出時，能吸取沙質中的間隙水。潛沙能力是判斷文蛤健康與否的指標之一，Chen & Lin (2012) 的研究結果指出在無進食的狀況下 2 週，文蛤的潛沙能力顯著降低 30%。以周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*) 或角

毛藻 (*Chaetoceros gracilis*) 餵飼 2 週後，文蛤 10 小時內潛沙比率在 90–100% 之間，然而在無投餵食物的飢餓狀況下 2 週，文蛤 10 小時內潛沙比率降至 67%。因此，適當及適時的給予文蛤食物很重要，尤其在

高溫的夏季，文蛤因代謝上升而能量需求增加，若無法提供食物，或因底土狀況不好（例如有機質過多，產生大量硫化氫）而致使文蛤閉殼不攝食，文蛤將因能量耗盡而死亡。

位處於亞熱帶的臺灣西南部，夏季常會面臨高溫多雨的氣候，因此常造成在養殖現場的水溫升高以及水中鹽度急遽變化，對文蛤而言是一項緊迫因子。即使文蛤為廣溫、廣鹽性的貝類，可忍受的溫度範圍介於低溫 3°C 至高溫 39°C，鹽度範圍介於 10 psu 的半淡鹹水 (brackish water) 至 45 psu 之高鹽度海水 (hypersaline water) 之間 (劉，1989)，然而在夏季水溫升高，易使老化底泥溫度上升，造成有機物大量分解，導致溶氧不足及產生大量硫化物使池底呈酸性，且文蛤免疫力下降，容易導致文蛤成長受阻甚至死亡 (何，2001)。

五、血淋巴酸鹼調節

閉殼是貝類面臨緊迫時常見的反應方式。每逢季節交替，溫鹽度變化太大或是環境不適時，文蛤會採取閉殼的方式。例如文蛤在水溫 24°C，鹽度為 10 psu 的環境，其出入水管開口的比率比鹽度為 20 psu 和 30 psu 為低 (李等，2002)。貝類的閉殼行為、水體溫度與溶氧的變化等，均會影響其血淋巴液之 pH 與氣體含量。文蛤於 15、25、30 及 35°C 下，經空氣暴露 48 小時後，35°C 處理組血淋巴 pH 由 7.44 顯著下降至 7.18，而 pCO₂ 則由 4.2 (mmHg) 顯著上升至 47.8

(mmHg) (楊和陳，2008)。文蛤暴露於 23 和 30°C 空氣中 1 分鐘，其血淋巴中 pO₂ 的含量約下降 50%，而文蛤暴露於 15°C 空氣中 2 分鐘，其血淋巴中 pO₂ 也顯著地下降 75%。文蛤在 28°C 無氧的環境下 2 小時，血淋巴中 pO₂ 下降 60%，當無氧處理延長為 71 小時，其血淋巴 pH 值顯著地下降，而 pCO₂ 則上升。文蛤在 30°C 無氧的環境下，僅能存活 48 小時 (李，2005)。

六、纖毛與攝食

在攝食與消化方面，當水中的微藻和有機顆粒通過鰓時，鰓上的纖毛會將這些微小顆粒過濾下來，這些顆粒將與鰓所分泌的黏液形成食物團或食物索，形成的食物索被鰓上纖毛推動，往位於文蛤體前端的口部移動，經口部兩側的唇瓣選擇判斷是否攝食，被認可的食物索經口部進入消化道，在消化道內不能被消化吸收的殘留物則由位於出水管內側的肛門以水流排出，即為糞便；由唇瓣部判斷品質不佳的食物索或食物團，利用外套膜的收縮將其經由入水管噴出，即為擬糞。由於文蛤的雙殼和外套膜包住鰓組織和口部，文蛤的濾食行為，無法直接觀察，因此飼養文蛤無法像飼養魚蝦那樣，可直接觀察牠們的攝食行為。文蛤所排出的糞便和擬糞 (圖 2-11)，大都附著於底泥，不像魚蝦的糞便會懸浮於水中，故在飼養管理上造成判斷文蛤是否攝食的困難。此外，溫度與鹽度變化會影響鰓纖毛之運動。在相同鹽度下，文蛤的鰓纖毛運動及耗氧量均隨著溫度

的升高而增加。在 30°C 時達到最大值，但在 35°C 時，鰓纖毛運動及耗氧量反而會變小。文蛤鰓纖毛運動及耗氧量在 30°C、20 psu 時平均值最大。若是急遽改變溫度 5°C 或鹽度 10 psu，文蛤的鰓纖毛運動也會跟著改變，然後隨著時間而逐漸趨於穩定，在經

過 50–70 分鐘，便沒有明顯的變化。故溫度與鹽度之急遽改變時，文蛤之生理調節約在一小時後即可達到穩定。在 35°C 及 5 psu 下，文蛤會發生死亡現象，顯示文蛤在高溫、低鹽的環境下養殖需要特別小心 (Lee et al., 2005)。

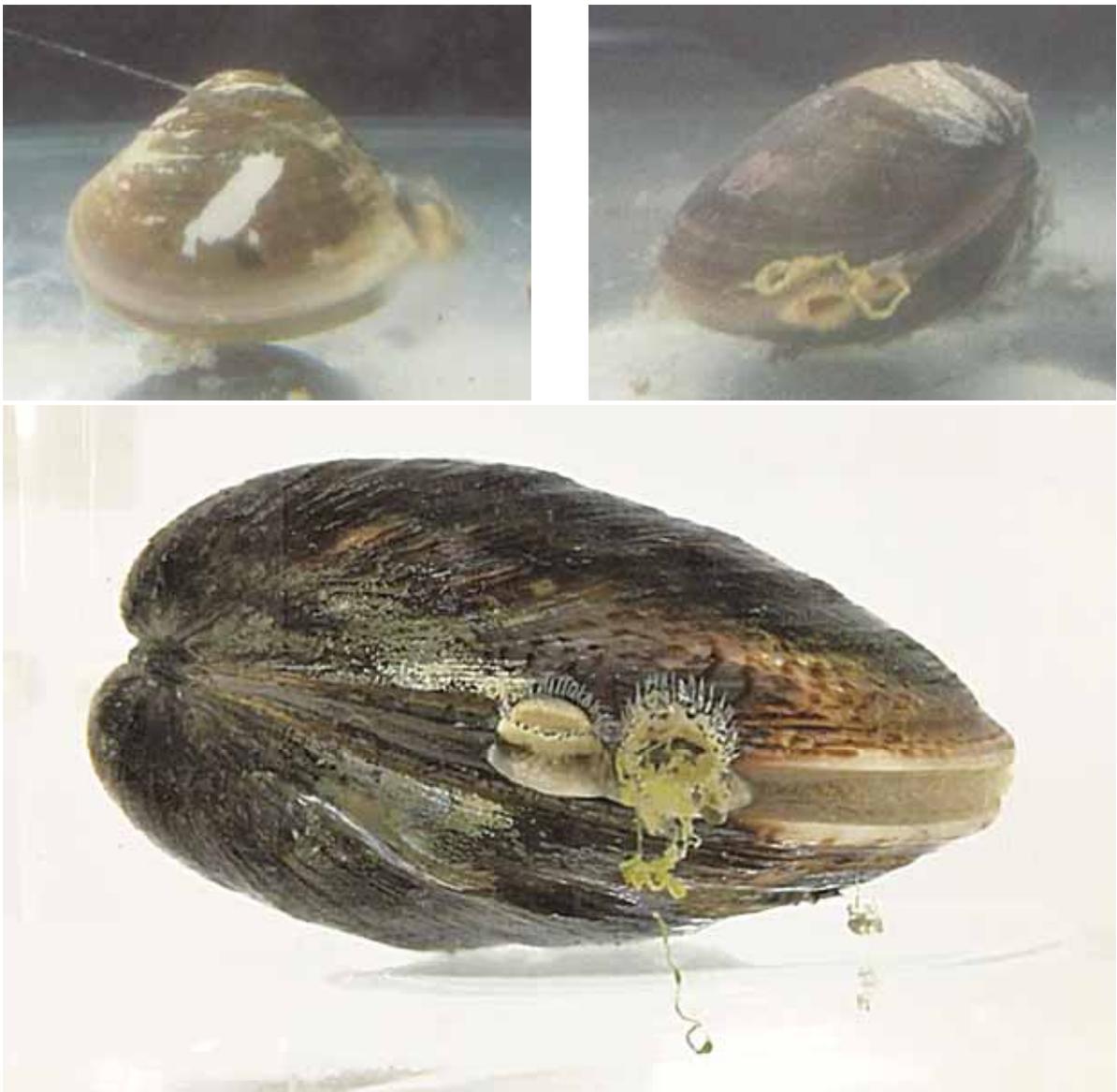
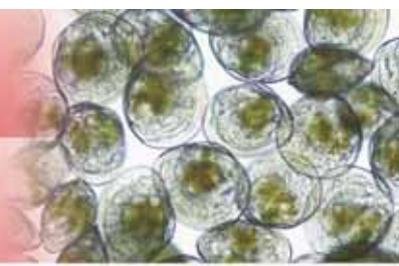


圖 2-11 文蛤攝食麵粉(左上)、玉米粉(右上)後排出之糞便(李安進提供)，以及攝食過多微藻後排出之擬糞(下)



第三章 文蛤之種苗生產

陳鴻議

水產試驗所海水繁養殖研究中心

臺灣文蛤自 1989 年人工繁殖成功後，養殖面積如雨後春筍般地快速增加，繁殖技術發展了近 40 年，已相當成熟穩定。但近年來文蛤種苗生產出現不穩定現象，育成率偏低，增加不少養殖成本。造成生產不穩定的原因包括極端天氣（強降雨、高溫、日夜溫差大）、環境污染和品系不穩等。另，現有文蛤繁殖場大多歷經數十年之長期運作，過濾設施的污染與過濾能力早已無效，再加上繁殖設施受污染，繁殖技術未依隨環境變遷而調適（如藻類培養模式），以致影響了文蛤的種苗生產品質。

一、蛤苗生產

文蛤人工繁殖過程主要步驟：設施清洗與消毒、水處理、餌藻、種貝選取、清洗與吐沙、刺激生產、浮游苗飼養管理和沉底苗飼養管理等。

(一) 設施清洗與消毒

文蛤繁殖主要的設施有過濾系統、藻類培養池、孵化池等，這些設施使用前必須先清洗與消毒，將污物減至最低，減少繁殖期間水質及病原感染，以免影響浮游苗活存率。傳統過濾系統主要是沙濾池，繁殖期前

將沙子翻鬆曝曬，讓前期養殖期間所累積的有機物質充分氧化，再以含 10 ppm 二氧化氯或漂白水清洗與消毒。藻類培養池和孵化池池壁清洗後，以 10 ppm 二氧化氯或漂白水充分噴灑消毒，使用前再以清水洗去殘留氯。

(二) 水質處理

文蛤苗孵化用水最適鹽度範圍在 25—30 psu，入沙濾池前先以孔徑 20 μm 濾袋濾除浮游動物，入孵化池前，再以孔徑 1 μm 濾袋濾除有機碎屑，減少污染源。蓄水後再以 1 ppm 二氧化氯滅菌消毒，並曝氣一天。蓄水前如發現出水有硫化物味道，表示管路已受污染，需先將積存管路中的水排除，待無異味方可使用。

(三) 餌料

文蛤浮游幼苗的餌料為微細單胞藻類，一般選擇以粒徑在 2—10 μm 之間，細胞壁較薄、且不分泌有毒物質者。體型過大或過小其餌料效果較差。一般初期以粒徑較小者，隨成長而調整。常用的藻類有海水環境中綠藻類的小球藻 (*Chlorella* sp.)、擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*)、等邊金藻 (*Isochrysis galbana*)、角毛藻 (*Chaetoceros gracilis*) 等。

(四) 種貝選取與處理

種貝選擇以體型大和生殖腺成熟飽滿者為佳，為掌握繁殖過程順利，一般會先進行催生試驗，即先選購少量種蛤進行催產，觀察其排精和排卵狀況及受精率，再決定是否進行大量繁殖。

種貝取回後，先置於蓄水池中注入經過濾之海水，讓其吐沙 1 小時，若生殖腺成熟度佳者，吐沙期間須留意提早排精和排卵。吐沙是為了減少孵化池的污染源，尤其近幾年養殖區弧菌病原菌密度高，更疏忽不得。吐完沙後要以清水洗去殼表之污物。吐完沙之種貝將之平均分籃進行陰乾刺激，時間約 1 小時 (圖 3-1)。



圖 3-1 種貝陰乾刺激

(五) 採卵、採精和受精觀察

文蛤繁殖因無法從外觀分辨雌雄，且不能像牡蠣一樣直接取精取卵，雌雄比 (20 : 1) 進行人工授精。因此採精採卵誘發必須在同一池中進行。文蛤陰乾刺激後，將其置入孵化池中，以打氣和停止打氣交互刺激產卵產精 (圖 3-2)，一般生殖腺成熟度佳者，約 30 分鐘至 1 小時就會開始排精，排精後約 10 分鐘，母蛤即會因受精液刺激而排

卵。排卵初期以微弱打氣為主，當卵密度達 3 粒/毫升時，則可增加打氣量，讓卵粒充分分散，減少多重受精情形。當卵密度達 15 粒/毫升或以上時，需將種貝移出。如發生不同步產精產卵時，可將已產精產卵的池水引入進行誘發。若產卵密度僅達 3 粒/毫升時，但池水卻已混濁，表示池中文蛤有雌少雄多現象，必須移出部分種貝或進行流水處理，流水時出水口以 500 目浮游生物網進行過濾，以降低孵化池水精子濃度，避免未參與受精的精子死亡後造成水質惡化。



圖 3-2 打氣誘發排精和產卵

文蛤卵為沉性卵，卵徑約 $90\ \mu\text{m}$ ，在受精後約 15–30 分鐘會出現極體，表示成功受精。 28°C 約 12 小時即可發育成 D 型幼生 (被面子幼蟲) 體型大小約 $100-110\ \mu\text{m}$ ，開始行浮游生活，並開始攝食 (圖 3-3)。

二、蛤苗管理

(一) 浮游期管理

初期餌料以粒徑 $2-5\ \mu\text{m}$ 的海水綠藻、擬球藻、等鞭金藻等微藻較適合，投餌濃度以 5–8 萬藻細胞/毫升。文蛤幼苗每天

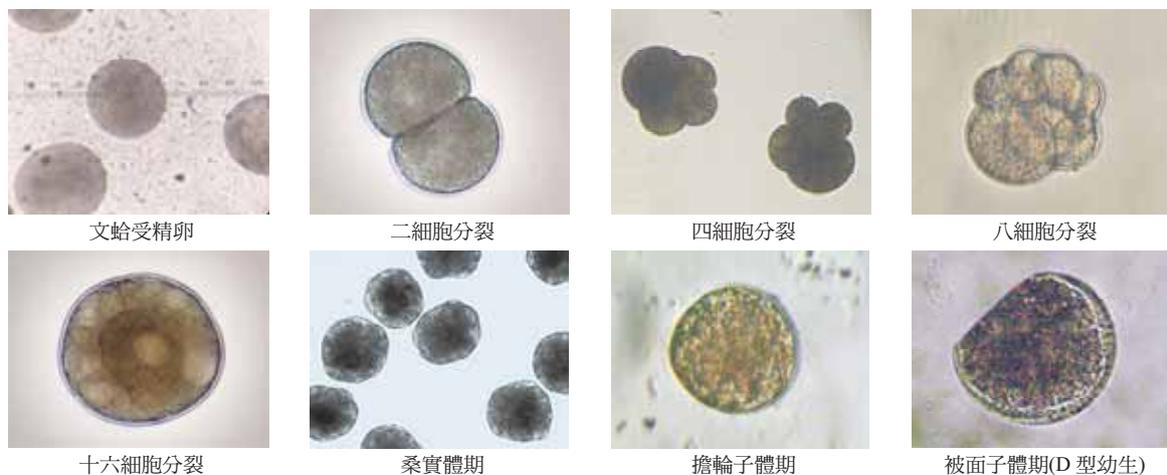


圖 3-3 文蛤胚胎發育

約以 $10-12\ \mu\text{m}$ 速度成長，當其成長至 $150\ \mu\text{m}$ 後，可添加粒徑較大的角毛藻或扁藻。成長至 $160\ \mu\text{m}$ 時需觀察幼苗斧足是否生成，當斧足外觀出現時，表示文蛤將進入變態，準備進入底棲生活。文蛤浮游幼苗之投餌管理以少量多餐為原則，以 6 小時為觀察間隔，視池水藻色變化適度調整投餌量，因投餌過多會造成原生動物或浮游動物之增生，過多的原生動物或浮游動物會與文蛤苗爭食，後期會影響文蛤浮游幼苗活存與變態率。而兩種以上的藻類混合會比單一餌藻效果為佳，因複合藻類可提供更適合的營養。

文蛤苗浮游期間藻水顏色變化可作為管理參考，當投餌後，藻色與前次消耗時間仍無變化或拉長，或突然變快，就須注意水質是否有變壞或幼苗受到感染，可以水質檢測試劑及弧菌檢測試劑檢測。鏡檢幼苗攝食狀況及臟器顏色，同時抽底檢測幼苗是否有沉底和原生動物增生情形。文蛤苗浮游期，一般活存率約 $60-80\%$ ，期間會淘汰一些較弱的個體，然死亡個體會滋生原生動物，

當原生動物量過大時，會攻擊沉底文蛤幼生，因此適度的抽底 2-3 次，可提高文蛤浮游幼苗活存與變態率。

(二) 初期稚貝管理

文蛤浮游苗正常在飼育 6-7 天進入圓頂殼期 (圖 3-4)，待其殼長長至 $170-180\ \mu\text{m}$ 時，開始進入變態期 (圖 3-5)，此時攝食量會降低，故投餌量要減少，並需抽底觀察幼苗變態率，做為移池參考。移池方式可視培育池遠近，近的可發現變態稚貝時，直接排入池中，遠的則需於文蛤浮游苗完全變態後，以 250 目浮游生物網收集，再平均灑於育苗池中，由於沉底苗處變態初期，對環境變化忍受力較低，且易受紅筋蟲、多毛綱的沙蟲、端角類等攻擊或絲藻覆蓋影響活存率，放養密度每 0.1 公頃約 15 億粒。育苗池進水，一般於孵化作業期間進行，以減少上述危害因子，進水後再以 3 ppm 二氧化氯消毒滅菌及殺死一些雜貝如貽貝、似殼菜蛤幼生。沉底稚貝最適成長鹽度在 $25-30\ \text{psu}$ 之間，底質沙質底較佳，沙質/泥比越高，

活存率越高。飼育初期餌料仍以藻水為主，輔以發酵池水，儘可能不要投入過多人工飼料。

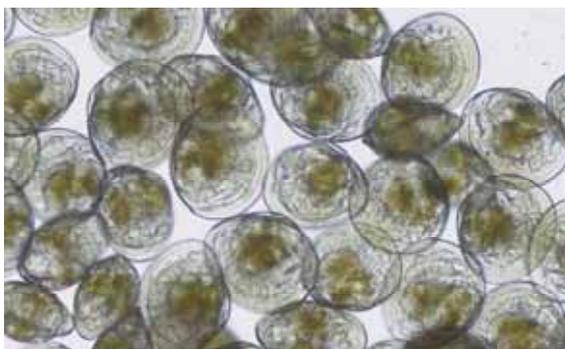


圖 3-4 圓頂殼期

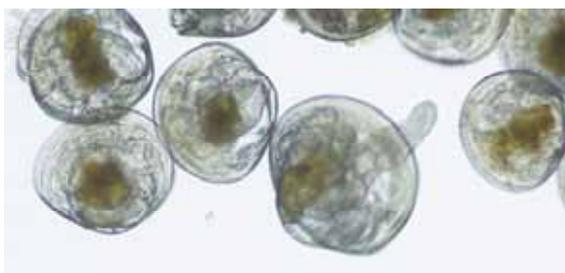


圖 3-5 變態沉底幼生以斧足活動

沉底稚貝經過 15 天後可成長至 0.5 mm，外殼呈棕紅色，又稱為紅點苗（圖 3-6），紅點苗經過 7 天後，開始具有成蛤的外殼顏色，殼長約為 1 mm 左右，與底質細沙一般大小，稱為黑沙苗（圖 3-7）。稚貝移至室外池後須防止絲藻產生，可放養小型工作魚預防。

(三) 黑沙苗養殖管理

黑沙苗殼長約 1 mm 已有具備文蛤的外型、殼紋和潛沙能力，放養後的活存率一般也較高，放養密度每公頃約一億粒。

養殖期間投餌管理仍以藻水為主，可以發酵池水補充做為藻類營養鹽，若要投餵輔助飼料，則需先行浸泡。養殖 30—45 天即

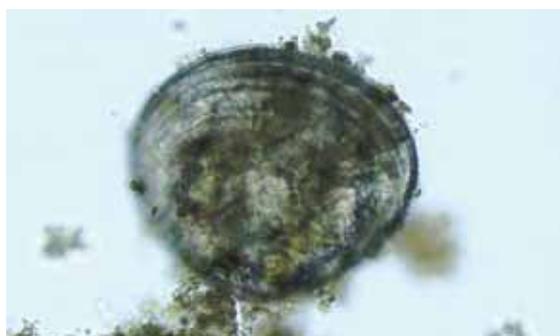


圖 3-6 紅點苗

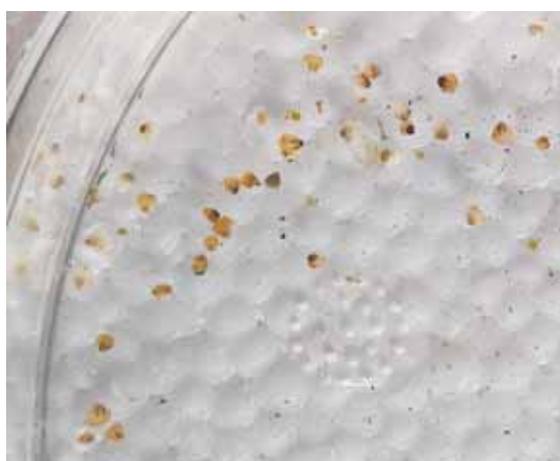


圖 3-7 黑沙苗(0.5-1 mm)

可成長至 3—5 mm，由於養殖密度甚高，個體成長有顯著的差異，因此必須定期採捕出售或移池，讓個體較小的有機會成長。由於養成期間較長，絲藻產生機率大增，因此必須放養草食性魚類如虱目魚或變身苦。另因放養密度高，且此時幼苗處於成長快速期，水中造殼礦物質消耗快速，必須增加換水頻率，或補充鈣源。若以增加換水頻率時，為防雜貝入侵必須以沙濾水，或準備一蓄水池，注水後以二氧化氯處理 24 小時後，再引入池中。

養殖成貝用幼貝通常是以購買分苗（3—5 mm）幼苗來養殖，養至三分苗或 500 粒/斤左右出售給成貝養成戶。



第四章 文蛤之養殖

李安進¹、陳淑美¹、劉秉忠²、林正輝²、秦宗顯¹

¹國立嘉義大學水生生物科學系、²國立臺灣海洋大學水產養殖學系

一、養殖生態

(一) 溫度

文蛤生長適合水溫範圍在 25–35°C，20°C 以下則成長緩慢，在 41°C 以上則無法正常潛沙，至 45°C 以上則開始死亡。從 2017–2018 年文蛤池水溫及底土表層溫度數據顯示 (表 4-1)，冬季 (11 月至翌年 1 月) 的水溫在 14.5–25.0°C 之間，春季 (2–4 月) 的水溫在 14.0–31.8°C 之間，夏季 (5–7 月) 的水溫在 29.0–36.3°C 之間，秋季 (8–10 月) 的水溫在 23.6–35.0°C 之間。而自不同養殖戶文蛤池之調查數據顯示，從 4 月底開始直到 9 月底，水溫持續維持在 30°C 以上

(圖 4-1–4-4)，其中夏季水溫高達 36.3°C，土層溫度也隨水溫上升而上升，平均溫差在 0.1–0.4°C 之間，值得注意的是 6–8 月文蛤池量測的土層溫度部分高於水中溫度，差值在 0.1–0.9°C 之間，最大差異值出現在完全沒有使用水車且池水深度約 50 cm 或以下的文蛤池，其 6 月與 8 月土層溫度分別較水層溫度高 0.9 與 0.3°C。在此高溫環境下，文蛤代謝速率增加，會增加開殼頻率以獲取食物及氧氣，若此時池底成還原態、硫化物或水中氨-氮濃度升高，會阻礙文蛤開殼，導致缺氧因而容易造成文蛤死亡，尤其是體型較大的文蛤。因此，文蛤池設置水車有其必要性，尤其在水溫高於 30°C 的高溫期。

表 4-1 2017 年 10 月至 2018 年 10 月間雲林四湖(示範戶 14, 15)與嘉義東石(示範戶 17)，文蛤池水溫及底土表層溫度、pH 及溶氧變化

| 參數 | 2017 年 | | | 2018 年 | | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 |
| 水溫 | 24.0-31.1 | 19.0-25.0 | 16.0-23.7 | 14.5-22.0 | 14.0-22.0 | 21.0-28.0 | 26.0-31.8 | 29.5-35.9 | 29.0-33.0 | 28.1-36.3 | 30.2-35.0 | 23.6-32.3 | 21.1-29.8 |
| 土溫 | | | | | | | | 31.5-35.5 | 30.0-33.1 | 28.3-35.8 | 30.7-34.4 | 23.4-31.8 | 21.8-29.5 |
| pH | 7.8-8.6 | 7.7-8.1 | 7.7-8.5 | 7.6-8.3 | 8.1-8.6 | 7.5-8.6 | 7.3-8.2 | 7.4-8.0 | 7.4-8.3 | 7.4-8.3 | 7.4-8.5 | 7.7-8.8 | 7.8-8.5 |
| 溶氧 1 | | | | | | | | 2.9-7.1 | 2.5-7.2 | 3.9-8.0 | 3.0-11.2 | 4.4-9.1 | 6.2-14.3 |
| 溶氧 2 | | | | | | | | 2.7-6.6 | 2.2-6.8 | 3.6-7.7 | 2.8-11.0 | 3.8-9.0 | 5.9-14.3 |

溶氧 1、2 分別指水中與底土層之溶氧 (單位：ppm)

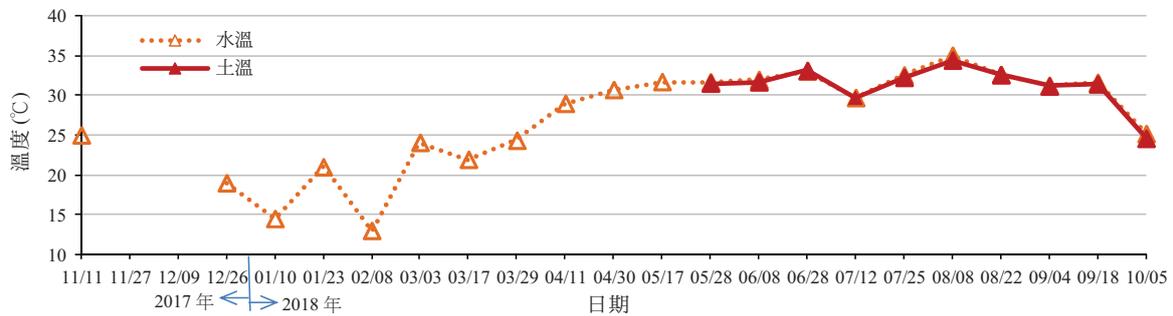


圖 4-1 2017 年 11 月至 2018 年 10 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6-10 月土溫均較水溫低，差值在 0.1-0.5°C(雲林四湖示範戶 14)

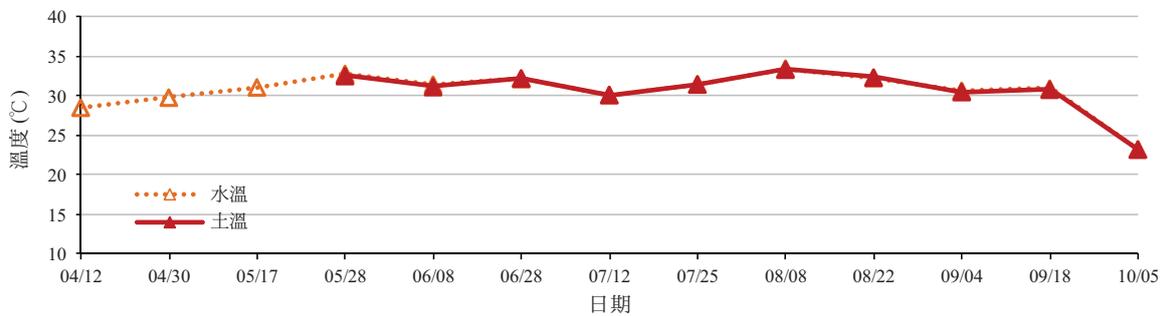


圖 4-2 2018 年 4-10 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6、8、9 及 10 月土溫均較水溫低，差值在 0.0-0.3°C，7 月底土溫度與水溫相同(雲林四湖示範戶 15)

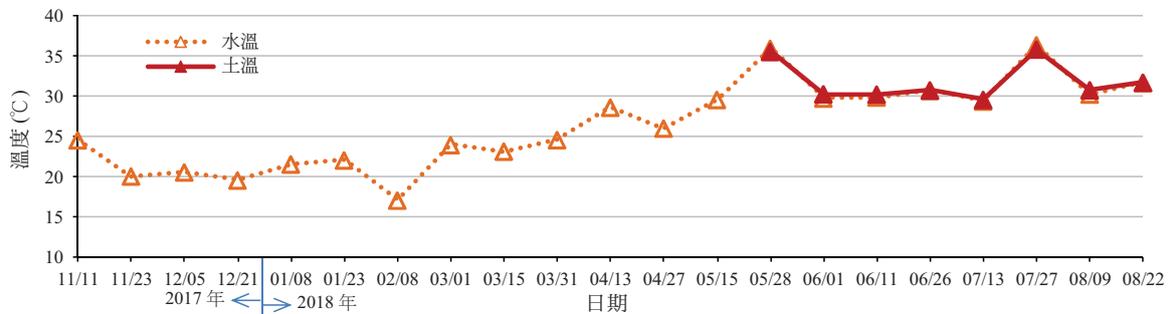


圖 4-3 2017 年 11 月至 2018 年 8 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6、7、8 月土溫分別較水溫高 0.0-0.5、-0.5-0.2、0.1-0.5°C(嘉義東石示範戶 16)

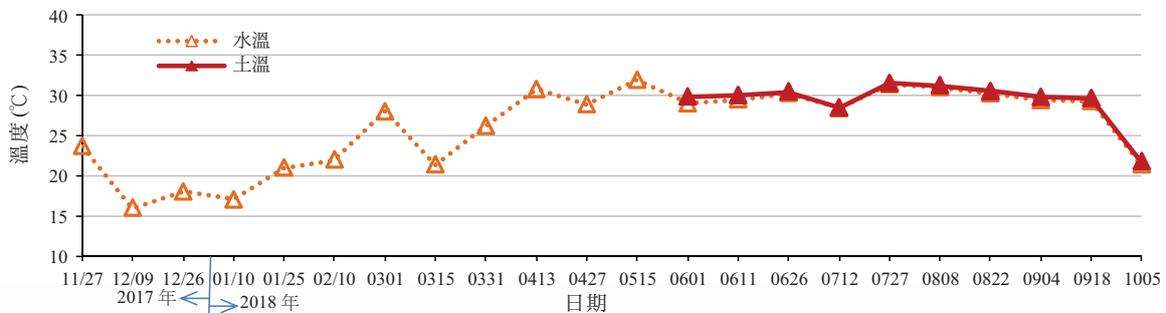


圖 4-4 2017 年 11 月至 2018 年 10 月無水車之文蛤池水溫與土溫變化，6-10 月土溫均明顯高於水溫，6、7、8、9 及 10 月土溫分別較水溫高 0.2-0.9、0.1、0.3、0.40 及 0.40°C(嘉義東石示範戶 17)

(二) 鹽度

適合文蛤成長的鹽度範圍在 16–36 psu，體型較大的文蛤較能適應低的鹽度，文蛤池的鹽度通常維持在 20–25 psu，因此在梅雨季節及夏天颱風季節，應提防豪雨造成池水鹽度過低。

(三) pH 值

文蛤在 pH 5–8 都能正常伸出出入水管，然而在 pH 4 和 pH 9 時，其出入水管伸出的頻率僅為中性的 1/5，在 pH 3 和 pH 10 時，則文蛤雙殼緊閉。

(四) 營養鹽

1. 氨氮

水中的氨氮以氣態氨 (NH_3) 和離子態銨 (NH_4^+) 同時存在，其平衡狀態主要受到水中酸鹼值的影響。在酸性水中主要以離子態銨 (NH_4^+) 存在，在鹼性水中主要以氣態氨 (NH_3) 存在，氣態氨氮較容易進出細胞膜，影響細胞內的代謝途徑，因此毒性較強。文蛤池水氨氮的來源如下：(1)來自引進的海水；(2)底泥有機物經細菌分解而釋放出；(3)來自豎井水；(4)來自外來的添加物，如飼料、發酵液等；(5)池中文蛤死亡所釋放。文蛤池水的氨氮濃度最好維持在 500 $\mu\text{g/L}$ 以下，如超過 500 $\mu\text{g/L}$ 的話，要隨時監測，水中氨氮濃度如隨時間而呈現波浪起伏的話，表示水中生態系還能利用它，對文蛤較不會產生危害作用。如水中氨氮濃度一直超過 500 $\mu\text{g/L}$ ，甚至 1,000 $\mu\text{g/L}$ 的話，就要檢視氨氮的來源，如非前四項來源的話，那就表示池中文蛤發生少量的死亡，建議做換水處理。

2. 亞硝酸氮

氨氮經亞硝酸菌作用轉換成毒性較強的亞硝酸鹽，亞硝酸鹽在有氧情況下呈現不穩定的現象。一般文蛤池為非密集養殖，少量投餌。目前在雲嘉所監測的文蛤養殖池發現亞硝酸鹽大都在 100 $\mu\text{g/L}$ 以下，少數幾次檢測會上升至 200–300 $\mu\text{g/L}$ ，沒有發現文蛤有異常的現象。

3. 硝酸鹽

一般文蛤池的硝酸鹽濃度不會超過 5 $\mu\text{g/L}$ ，因此在此濃度下，硝酸鹽對文蛤是沒有毒性的。硝酸鹽在文蛤池都被用做水中肥度的指標，如硝酸鹽濃度太低代表水中肥度不夠，要投餌了。

4. 磷酸鹽

在麥寮、臺西和口湖一帶的海水中，其磷酸鹽的含量約在 250 $\mu\text{g/L}$ 。磷酸鹽的溶解度不高，易與鈣產生沉澱。文蛤池磷酸鹽的來源：(1)來自引進的海水；(2)底泥有機物經細菌分解而釋放出或僅擾動底泥亦可釋放出大量的磷酸鹽；(3)來自外來的添加物，如文蛤輔助飼料、魚蝦飼料、發酵液等；(4)池中文蛤死亡所釋放。文蛤池磷酸鹽的濃度建議維持在 400 $\mu\text{g/L}$ 以下，如超過 400 $\mu\text{g/L}$ 的話，需隨時監測，水中磷酸鹽濃度如隨時間而呈現波浪起伏的話，表示水中生態系還能利用它，對文蛤較不會產生危害作用。如池水磷酸鹽濃度一直維持在 400 $\mu\text{g/L}$ 以上或持續上升，建議趕快換水。如池水中氨氮和磷酸鹽濃度同時上升的話，應檢視是否有外來的添加物，如無的話，極可能是文蛤死亡的指標。如池水中僅氨氮濃度上升，而磷

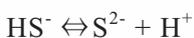
酸鹽濃度不上升的話，氨氮極可能來自外來的添加物，如豎井水或發酵液等。

(五) 葉綠素 a

為了能以肉眼檢視文蛤的活存狀態，一般業者都維持文蛤池透明度在 50–60 cm。影響透明度的因子除了水中微藻的濃度，尚有池中泥沙。一般底泥偏泥質的池子，在強風下易造成底泥表層的泥質揚起而產生濁度，濁度高會影響文蛤伸出出入水管的頻率，在此種情形下，建議換水。水中魚蝦因餌料不足，也會因尋找食物而攪動底泥造成濁度的增加，在此種情形下，建議趕快減少水中魚蝦的數量或酌量施撒魚蝦飼料。依據在文蛤池田間試驗的結果，建議文蛤池水葉綠素 a 的濃度儘可能維持在 30–50 $\mu\text{g/L}$ ，當葉綠素 a 濃度在 30 $\mu\text{g/L}$ 以下時，需要投放補充飼料，如葉綠素 a 濃度超過 60 $\mu\text{g/L}$ 以上且持續 4–5 日，則需要換水以降低藻水濃度。

(六) 硫化氫與底泥氧化還原電位

底泥硫化物的含量：在缺氧的狀態下，底土中的微生物會利用氧以外的物質作為電離子接受者，例如 NO_3^- 、 MnO_4^- 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 SO_4^{2-} 和 CO_2 ，並將其還原成 N_2 、 Mn^{2+} 、 FeH 、 HS^- 和 CH_4 。其中以硫化氫 (H_2S) 對生物體的毒性作用最強。在海洋底層，環境無氧的程度越高，硫化氫濃度的上升就越容易 (Diaz and Rosenberg, 1995)。硫化氫在水中分二段解離：



未解離的硫化氫容易通過細胞膜，因此

對水生生物毒性較強， HS^- 及 S^{2-} 的毒性較弱 (陳，1985)。已知硫化氫對動物的組織有毒害作用，硫化氫的毒性是藉由抑制細胞色素 c 氧化酶 (cytochrome c oxidase) 的活性導致生物體無法進行呼吸作用而死亡 (Smith et al., 1977; Vismann, 1996)。硫化氫對生物體的毒性受到環境以及生物體大小的影響。

1. pH

水中 pH 會影響硫化氫之存在量，pH 7 時硫化氫約佔 60%，pH 6 以下時硫化氫約佔 100%， HS^- 幾乎沒有，而 pH 8 以上時，硫化氫幾乎全解離成 HS^- 或 S^{2-} 。雖然 pH 越高硫化氫的毒性越低，但是 pH 過高會增加氨的毒性，因此，文蛤池的池水 pH 維持在 7.5–8.5 較好。

2. 生物體型大小

在 24°C 下，體型越大，對硫化氫的耐受性越高，活存率越高。將不同大小的菲律賓簾蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 暴露於水溫 24°C、低溶氧環境 ($\text{DO} < 0.5 \text{ mg/L}$) 及不同硫化氫濃度 (0.2–52.2 mg/L) 中 24 小時，簾蛤的活存率隨體型越大而增加，D 型幼蟲在硫化氫濃度 $\geq 0.2 \text{ ppm}$ 時，活存率為 0，當殼長 $\geq 0.7 \text{ mm}$ 時，硫化氫濃度 2.6 ppm 下的活存率高達 100% (Kodama et al., 2018)。

3. 溫度

硫化氫的毒性隨水溫升高而增加，完全變態的簾蛤幼生在硫化氫濃度 26.6 ppm 時，24 小時活存率由 20°C 時的 100% 降至 28°C 時的 40%，而殼長 0.7 mm 的稚貝在硫化氫濃度 29.4 ppm 時，24 小時活存率由

20°C時的 100% 降至 28°C時的 20%。此外，在較高溫下（以 20°C與 28°C做比較），體型越大的簾蛤對硫化氫的耐受力越低，可能是在池中溶氧降低或硫化氫濃度升高時，貝類會閉殼行無氧呼吸，同時貝類也因閉殼無法攝食而處在飢餓狀況，對體型較大的貝類而言，因需要提供自身所需之能量較小型貝多，因此在上述緊迫環境下其死亡率較高 (Kodama et al., 2018)。Nagasoe et al. (2011) 也指出，菲律賓簾蛤在低溶氧環境下，仍然能有效地伸出或收縮出入水管，但當水中添加硫化氫 (5–30 mg/L) 時，成蛤無法有效的閉殼及將出入水管收入殼中，因此硫化氫對簾蛤可能具有麻痺肌肉的作用。此外，在低溶氧環境下，當菲律賓簾蛤暴露在硫化氫濃度 3.7 mg/L 下，會造成簾蛤纖毛上皮受損以及攝食率顯著下降。因此，在高溫期 (尤其夏季)，文蛤池須留意底土有機質之蓄

積，避免過多殘餌及控制池水 pH，另外，配合光合菌或硫化菌的使用可有效降低底土硫化物的含量。

4. 氧化還原電位 (oxidation reduction potential, ORP) 與硫化物之關聯

ORP 可作為底質有機物質負載程度的指標，因此 ORP 可以作為評估底土好壞的依據。底土管理依底土 ORP 值可劃分成三個階段，(1)正常養殖期：底土 ORP 值在 -100 mV 以上；(2)底土待改善期：底土 ORP 值在 -100–-200 mV；(3)危險期：底土 ORP 值在 -200 mV 以下。由文蛤池底土 ORP 與硫化物之關係圖顯示，ORP 越低，底土硫化物含量越高，當 ORP 低於 -200 mV 時，硫化物含量在 2–10 ppm 之間 (圖 4-5)。當 ORP 越低時，代表池底有機污染物質越多，而池底也越容易產生低溶氧或無氧的還原狀態。

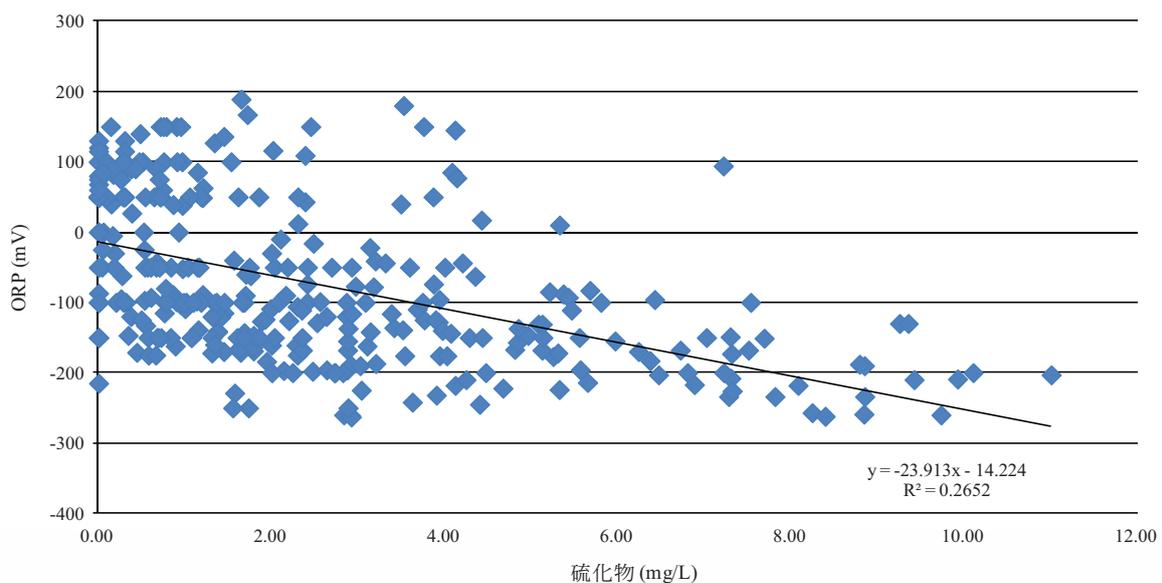


圖 4-5 文蛤池底土 ORP 與硫化物含量之相關性

因此，文蛤放養前的整池工作很重要，要確實清除表層污泥及施灑石灰並翻動土層以清除硫化物，提升放養後文蛤苗之活存率。文蛤養殖過程中，使用水車有其需要性，尤其在夏季高溫環境下，水車的運轉能減緩池底高溫的持續性。另外，定期監測池水 pH，pH 低於 7.5 時，可使用石灰提高 pH，pH 高於 8.5 時，可使用二氧化氯殺藻或以換水的方式減少池中藻類濃度，避免過高的光合作用導致 pH 過高的情況。

5. 底土狀態之評估

底土狀態的評估方法以直接測量養殖池底土 ORP 及 pH 值，ORP 是底質有機物質負載程度的指標，瞭解底土狀態可以馬上進行相關的養殖管理操作。ORP 值的變化反應底土中有機物含量。有機物會因厭氧微生物的分解產生還原物質及酸化，產生硫離子 (S^{2-}) 與亞鐵離子 (Fe^{2+}) 造成底土黑變，而使 ORP 值下降。另分析氨、亞硝酸、硫濃度及有機物含量，亦可作為養殖池底土有機物質污染的指標 (Pearson and Stanley,

1979)。當有機物減少時，ORP 值會逐漸上升。

ORP 數值的意義：當池中溶氧耗盡，會產生許多厭氧反應，而在池底形成還原性產物和潛在有毒物質。ORP 值在 200–300 mV 之間時， NO_3^- 會還原成 NO_2^- 、 Mn^{4+} 還原為 Mn^{2+} ；在 100–200 mV 之間時， NO_2^- 還原為 NH_4^+ ；在 50 mV 時 Fe^{3+} 還原為 Fe^{2+} ；在 -150–-250 mV 之間時， SO_4^{2-} 還原為 S^{2-} (H_2S)；在 -250 mV 時， CO_2 則還原為甲烷 (CH_4)。由上述可發現，ORP 值在 -150 mV 以下時，會產生還原性的有毒物質硫化氫或甲烷。

ORP 值的測量：現場直接測量底質 ORP，將白金電極直接插入養殖池底土 2–3 cm 處，經 30–60 秒，數值穩定後即完成測定。

6. ORP 值應用在文蛤養殖的管理 (表 4-2、4-3)

ORP 值在文蛤養殖的管理非常重要，因 ORP 值低於 -200 mV 底土會產生還原性

表 4-2 ORP 數值與氧化還原狀態及化合物氧化還原反應的關係

| 氧化還原狀態 | ORP (mV) | 氧化還原反應 |
|--------|-----------|---|
| 氧化態 | 400–700 | $O_2 \rightarrow CO_2$ |
| 低還原態 | 100–400 | $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ (200–300 mV) |
| | | $NO_2^- \rightarrow NH_4^+$ (100–200 mV) |
| 還原態 | 100–-100 | $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ |
| 高還原態 | -100–-300 | $SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-}$ (-150–-250 mV) |
| | | $CO_2 \rightarrow CH_4$ (< -250 mV) |

表 4-3 文蛤池底土 ORP 指標

| ORP (mV) | 底質情況 | 文蛤狀況 |
|-----------|------|----------------|
| -200 以下 | 臭土味濃 | 停止成長、爬出底土、大量死亡 |
| -200—-150 | 臭土味濃 | 停止成長、部分死亡 |
| -150—-100 | 臭土味淡 | 部分停止成長、零星死亡 |
| -100—-50 | 臭土味淡 | 部分停止成長、成長緩慢 |
| -50—0 | 無臭土味 | 正常成長 |
| 0—100 | 無臭土味 | 成長佳 |

資料來源：提升麥寮鄰近區域漁業養殖技術及漁產品附加價值研究計畫

的有毒物質，會造成臭土味濃，文蛤停止成長、爬出底土、大量死亡；介於 -200—-150 mV 底土會產生還原性的有毒物質，臭土味濃，文蛤停止成長、部分死亡；介於 -150—-100 mV 底土臭土味淡，文蛤部分停止成長、零星死亡；介於-100—-50 mV 底土臭土味淡，文蛤部分停止成長、成長緩慢；高於 -50 mV 底土無臭土味，文蛤正常成長；養殖池底土管理依 ORP 值可分成三個階段：

(1) 正常養殖期 (底土 ORP 值在 -100 mV 以上) 的管理：

避免過多的殘餌，以免有機物累積於池底而使 ORP 下降，投餵的飼料必須注意適合文蛤攝食的食物顆粒粒徑為 5—25 μm ，過大或過小的飼料顆粒均無法被文蛤攝食而累積於池底；飼料的投餵量，應視養殖物的狀況而增減，避免殘餌過多，使得底層因缺氧而形成還原態。在此種環境下，厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，都會對養殖生物造成危害，尤其與底土相依的

底棲生物，如蝦、蟹及貝類所受的影響最為直接。

(2) 底土待改善期 (底土 ORP 值在 -100—-200 mV 以下) 的管理：

改善底土 ORP 值達 -150 mV 以上，應避免產生對文蛤有影響的還原性有毒物質 (H_2S 及 CH_4)。增加水車數量或運轉時間，使水與空氣充分接觸，溶入氧氣，提供微生物分解有機物所需的氧氣，並使水中氨、二氧化碳等有害氣體逸出水面。每週定期使用二氧化氯 (1 ppm)、光合菌 (5 ppm)、腐植酸 (俗稱黑粉，3 ppm)，可以提高底土的 ORP，並減少底土易氧化物 (easily oxidized material, EOM) 及底土需氧量 (sediment oxygen demand, SOD)，使文蛤在優良底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

(3) 危險期 (底土 ORP 值在 -200 mV 以下) 的管理：

ORP 在 -250 mV 以下時， CO_2 還原為甲烷，顯示底土被有機物嚴重污染，處於極

度缺氧狀態，應立即進行緊急搶救措施，才能避免文蛤大量死亡。

(七) 底泥硫化物的含量

硫化氫為具有溶解性、臭味很強（臭糞味）、毒性也很強，其對於水生物之影響與水溫，溶氧量與 pH 值有關。水中硫化氫的主要來源，是在水中缺氧、pH 值下降的情況下，因水中的 SO_4^{2-} 還原產生硫化物 (S^{2-}) 加上酸化故造成有毒硫化氫，當文蛤接觸水中溶解性硫化氫後，立刻將殼緊閉，且隨溶解性硫化氫濃度之增高，其閉殼率愈高，且隨溶解性硫化氫濃度之增高文蛤逐漸死亡。文蛤死亡後，蛤肉分解也會產生硫化氫。因此發現文蛤死亡時，最好將死亡的文蛤由池中移除，以免文蛤死後蛤肉分解產生硫化氫，造成毒害。

降低水中的硫化氫濃度方式有：一為增加池水溶氧量，如曝氣打水車，可以氧化硫化氫，降低其毒性。二為撒含鐵較多的紅色土壤，使硫化氫轉變為硫化鐵沉澱而消除其毒性。三為添加石灰提高底質的 pH 值降低酸化，降低硫化氫濃度。

(八) 菌相

1. 總生菌數

高密度養殖的文蛤常需投餵大量飼料，但是長期投入大量的餌料會造成許多的殘餌及排泄物，這些有機物堆積後將導致底質惡化，並使底質形成高耗氧還原態，更成細菌孳生及潛伏的溫床。測定養殖池水中的總生菌數使用 Tryptic soybean agar (TSA) 進行 10 倍稀釋法做塗布，置於 37°C 培養箱中培養，隔日觀察並計算菌落數，菌落數以

CFU/ml 為單位（表示 1 ml 中含有多少菌落，CFU 是 Colony-Forming Unit 的縮寫）。數值越高代表池水所含的菌量越高。文蛤死亡情況可分為一般性及季節性，一般性通常為養殖管理不良所造成；季節性則是在農曆 3、6、9 月季節轉換以及夏季高水溫時，當池水中的總生菌數達到 10^5 CFU/ml 以上，就有機會造成文蛤死亡，建議立即消毒降低池中總生菌數。

2. 弧菌數

大多數常見弧菌皆為海水中常在菌，文蛤在濾食時，也會將細菌一同攝入，當養殖池中通常具有一定數量的弧菌數，若是養殖密度過高遇上季節轉換、颱風過後、下大雨、高水溫時弧菌數增加，加上文蛤受到環境緊迫，造成體弱，更加速弧菌大增，增加發病的文蛤死亡。目前在彰化、臺南地區發病死亡的文蛤中，所分離鑑定出具有多種弧菌屬，如溶藻弧菌 (*Vibrio alginolyticus*)、腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*)、創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、哈維氏弧菌 (*V. harveyi*) 等。同時也有分離出其他種類的革蘭氏陰性菌，如親水性產氣單孢菌 (*Aeromonas hydrophila*)。在養殖生物池水中，弧菌數達到 10^4 CFU/ml 以上，就需立即以二氧化氯消毒，降低池水中的弧菌量，減少文蛤因弧菌影響造成死亡的可能。

(九) 藻相

文蛤主要以水中浮游生物及有機質為主，因此維持水中適當的浮游生物，對文蛤的成長尤為重要，若水色好文蛤長得快又健康，若水色不佳文蛤生長慢，也容易發生疾

病，甚至導致死亡，即使活存下來，品質也容易變差，因此水中浮游生物對文蛤養殖來說是非常重要的一環。其中浮游植物（即微藻）更直接影響水體生態環境的變化，而浮游植物也關係著養殖池內文蛤的成長。

養殖池水水質指標也可以用微藻來進行判斷，藻類分布很廣，只要有水的地方幾乎都會有藻類存在，藻類種類的不同習性也會有所差異，有的喜歡乾淨的水質條件，有些喜歡混濁的水域。矽藻類及綠藻類喜歡生長在較乾淨的水域，而藍綠藻及有色鞭毛藻類則比較喜歡生長在污染的水域。

微藻是文蛤的食物來源而且又會影響文蛤的生活環境，微藻的繁生和環境的條件有密切的關係，環境會影響藻類的生長，而藻類的生長也會影響環境的品質，故可藉由藻類水色等來初步判斷水質狀況或被有機物質污染的程度，進而達到文蛤池水的水質管理，促成優良的文蛤養殖。

文蛤池水若出現裸藻 (*Euglena* sp.)、囊裸藻 (*Trachelomonas* sp.)、平裂藻 (*Merismopedia* sp.)、顫藻 (*Oscillatoria* sp.) 及微囊藻類 (*Microcystis* sp.) 等大量繁生，顯示水質優養化，出現頻率高的話，表示需多加留意水質狀況，避免因藻類大量繁生而影響文蛤養殖。

二、放養前準備工作

文蛤放苗前須有完整及確實的整池作業流程 (圖 4-6)，以確保良好的養殖環境條件。

(一) 清淤

清除池底污泥，以確保良好的養殖環境條件。

(二) 曬池

潑撒農業石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 1,000 kg/公頃 (pH 低於 4.0)，加水 3–5 cm 高，曬池 3 天以上，以推土機翻土均勻，pH 仍低於 7.0 則需重複以上步驟，視氣候曬池 3–5 天。若天氣許可的話，可多曝曬幾天，增加硫化物的揮發。

(三) 消毒

注水 30 cm 深，每公頃使用 200 L 二氧化氯，消毒 1–2 天，再注水至 60 cm，每公頃施撒茶粕 150–200 kg，曝氣 3–5 天。

(四) 其他

1. 改良底質 (若底土有臭糞味)

池塘排乾水後翻土曬池，每公頃添加 1,000 kg 底質改良劑 (腐植酸，俗稱黑粉)，以推土機翻土均勻，處理後排乾水，視天氣間隔 3–5 天重複一次。

2. 活化底土

加水至 10–20 cm 深，水車全開，每公頃添加有效益生菌及光合成細菌各 100 L，加水至 60 cm 深，水車全開，視氣候活化 2–4 天。

3. 作水

每公頃添加 200 kg 有益菌發酵料，水車全開作水色，視氣候處理 7–10 天。

4. 每週保養處理

養殖期間，每週每公頃添加光合成細菌 50 L、有益菌發酵料 50 L/公頃 (看水色，太深不用添加)，如果 NO_2^- 或 NH_3 太高，可以添加黑粉或沸石粉。

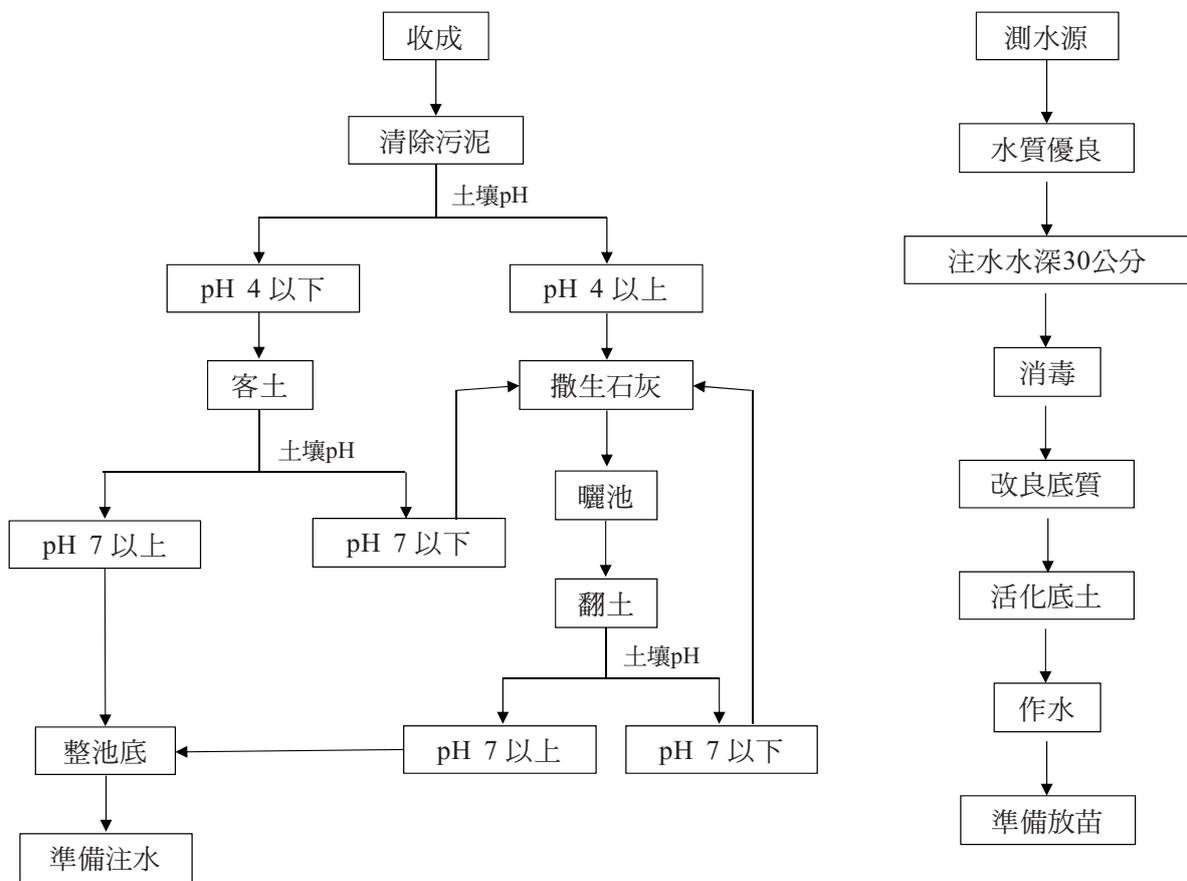


圖 4-6 文蛤放苗前整池作業流程(左：整池；右：作水)

(五) 蛤苗放養

1. 放養時間

本省文蛤種苗生產在 5-10 月之間以夏季為最主要種苗生產旺季，每年於 6-8 月放養，在隔年 4 月前收成，可以避開清明節之危險期。

2. 放養蛤苗規格與密度

一般養成種苗大小以 500 粒/斤 (850 粒/公斤)，放養密度以 80-100 萬粒/公頃較佳。若池塘含沙率較高，可放養較小幼苗 800-1,000 粒/斤，密度 100-120 萬粒/

公頃較恰當。但放養稚貝最好是經在中間育成，長至 200-400 粒/斤較大體型苗，密度 50-60 萬粒/公頃，不但可提高活存率，而且養殖期可縮短 3-5 個月。

3. 中間蓄養重要性

購入 500-1,000 粒/斤稚苗，以面積約 0.1-0.2 公頃小池子進行中間蓄養為宜，並以養魚池藻水及醱酵料 (黃豆粉或魚粉經醱酵) 投餵 1-2 個月，使稚貝能更適應環境，期間需要淘汰不佳的幼苗，使中間育成長至 200-400 粒/斤較大體型苗。

三、池塘管理注意事項

(一) 水質監測

文蛤池水一般水質參數的收集，如溫度、鹽度、pH 值、總生菌數、弧菌數 (TCBS 菌數)、氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽、底泥 ORP 和葉綠素 a 等。總生菌數如超過 10^4 CFU/ml 時，要觀察池中文蛤的狀況，再決定是否使用抑菌劑如二氧化氯，如超過 10^5 CFU/ml 時，建議以 0.5–1 ppm 二氧化氯作預防性處理。池水中弧菌數如達到 10^4 CFU/ml，建議以 0.5–1 ppm 二氧化氯進行 2–3 次殺菌。當池水的氨氮濃度超過 500 ppb，而且文蛤發生零星死亡時，可以使用氯錠或二氧化氯控制文蛤疫情的發生，或施以沸石粉吸附水中有毒物質，但不要施撒熟石灰，氨氮在鹼性環境下，毒性較強。若硝酸鹽濃度偏低，顯示池水貧脊，需增加投餵量。

底土狀態的監測方法常以 pH 值、ORP、氨、 NO_2^- 及有機物含量等。但測量 ORP 可最快速瞭解養殖池底土狀態，可以馬上進行改善處理。ORP 是底質有機物質負載程度的指標，因為 ORP 的變化，能反應底土中有機物含量，當有機物增加時，會因微生物的分解造成底土溶氧量減少而使 ORP 下降。當有機物減少時，耗氧量下降，ORP 會逐漸上升，因此可作為養殖池底土有機物質污染的指標。因 ORP 在 -200 mV 以下底土會產生還原性的有毒物質臭土味濃，文蛤停止成長、爬出底土、大量死亡；簡單判斷臭土味方法：塑膠袋取含少量水之

底土 100 g，加入 1 ml 鹽酸後均勻混合後聞味道。定期使用二氧化氯 (1 ppm) 消毒後，添加光合菌 (5 ppm) 及腐植酸 (俗稱黑粉，3 ppm)，可以提高底土的 ORP，並減少底土易氧化物，使文蛤在優良底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

從放養文蛤苗到採收的養殖期間約 8–15 個月，長期養殖所產生的殘餌及排泄物會沉澱堆積於池底。由於有機物的累積，底土缺氧會逐漸發展成還原態，進而產生如氨氮、亞硝酸、硫化物及硫化氫等有毒物質，影響文蛤生長及活存率。通常收穫後之池塘，才會將池水排乾，再用挖土機在池塘四周挖深溝，用抽水機抽取流入深溝中的水後，進行整池工作。養殖期間可透過間捕及輪放時翻攪動底土，將長期養殖所累積的排泄物、硫化物、有機廢物散入至水中，再將髒水排乾後注入新水，除了降低池中環境廢物的含量，也可預防大規模病害的發生。

(二) 益生菌之使用

水產養殖常用的益生菌有改善水質底質、增加營養、改進腸道消化性、競爭環境潛在致病菌等功能。市售的益生菌依使用方式可以大致分成兩類：(1) 添加於飼料中，提升水產養殖生物的消化與免疫機能，如酵母菌，枯草桿菌等；(2) 使用養殖池水中處理水質或底土硫化物，如枯草桿菌、硝化菌、光合菌等。

1. 乳酸菌及醱酵菌

有機肥醱酵料中含有菌種（酵母粉及乳酸菌）潑灑於養殖池，當文蛤攝食之後除

了醱酵料中營養外，且含有豐富酵母粉及乳酸菌幫助文蛤消化。

2. 枯草桿菌或硝化菌

枯草桿菌或硝化菌曾應用在養殖池水的處理，具有去除氨氮和亞硝酸鹽很好的效果 (陳, 1992)。有機物過多造成水質不良，而引起養殖生物死亡。益生菌能分解有機質，使其成為硝酸鹽類，有利於藻類直接吸收應用。也可提供有利於硝化細菌的繁殖環境，更有效率的降低氨氮和亞硝酸鹽，但單一的益生菌種無法有效改善水質及底質，各菌種間不同功能作用，使用複合型益生菌，各取所長，才能發揮最好的效果。使用方法均勻潑灑至全池並開啟水車，用量 3 ppm，每 2-3 週使用一次，至養殖後期視其氨氮和亞硝酸鹽量，可適當提高用量 5 ppm。

3. 光合菌

光合菌主要功能為代謝底層硫化物，避免池底質產生硫化氫，降低池底微生物耗氧的需求，提高底部溶氧，維持良好生態環境並穩定水色，促進生長。使用時需在天氣良好的早晨，均勻潑灑 3 ppm 至全池並開啟水車，每週使用一次。若養殖後期硫化物堆積較多，可增加使用頻率及 5 ppm 用量。

益生菌應用於文蛤池的情形：在養殖期間所使用的益生菌包括水試所提供，自行培養的短小桿菌 (*Bacillus pulmilus*) 與市售商品。自行培養的短小桿菌定期定量施用於文蛤池，在養殖後期發現 ORP 降至 -150 - -200 mV 之間，顯示也會造成硫化物的累積，因此在養殖後期如能搭配能消除硫化物的光合菌，應該會獲得更理想的結果。

文蛤池周期性的使用混合型益生菌 (包括光合菌群、硝化菌群、乳酸菌群、酵母菌群、放線菌群、絲狀菌群、枯草桿菌群等 20 多種菌群，總益菌數 2×10^9 CFU/ml 以上) 能有效控制水中氨的濃度，但對於水中磷酸鹽的處理效果則不明顯 (圖 4-7-4-9)。

光合菌能有效降低文蛤池底土硫化物的含量 (圖 4-7、4-8)，但是池底有機質過多或池塘嚴重老化且硫化物高於 6 ppm 時，光合菌對底土的改善效果不顯著 (圖 4-9)，此情況利用打空管配合換水與施用光合菌，可有效移除底土的硫化物。此外，使用益生菌時須注意溶氧量，光合菌或硫化菌等屬於厭氧菌，施用時對水中溶氧量影響不大，然而消化分解蛋白質或氨的益生菌如枯草桿菌與硝化菌等屬於耗氧菌，在使用過程需配合水車曝氣增加溶氧量，避免養殖生物缺氧。另外，也需要注意益生菌的使用要適量，不可過量。

(三) 工作魚、混養魚種

文蛤屬於濾食性生物，養殖池水淺，常見池壁及池底較易生長大型藻類如龍鬚菜、絲藻，大型藻類會與微細藻類競爭營養鹽類，導致微細藻類無法增殖，造成食物來源不足，且大量繁生時會覆蓋文蛤而影響成長及活存率；文蛤養殖業者普遍放養虱目魚來清除池中絲藻，龍鬚菜則需以人工方式去除，魚隻混養量不足則無法完全清除絲藻，造成絲藻或海菜在池中繁生，需耗費大量人力去清除。可放養草食性魚類，例如：金錢魚 (變身苦)、臭肚魚，抑制池中大型藻類

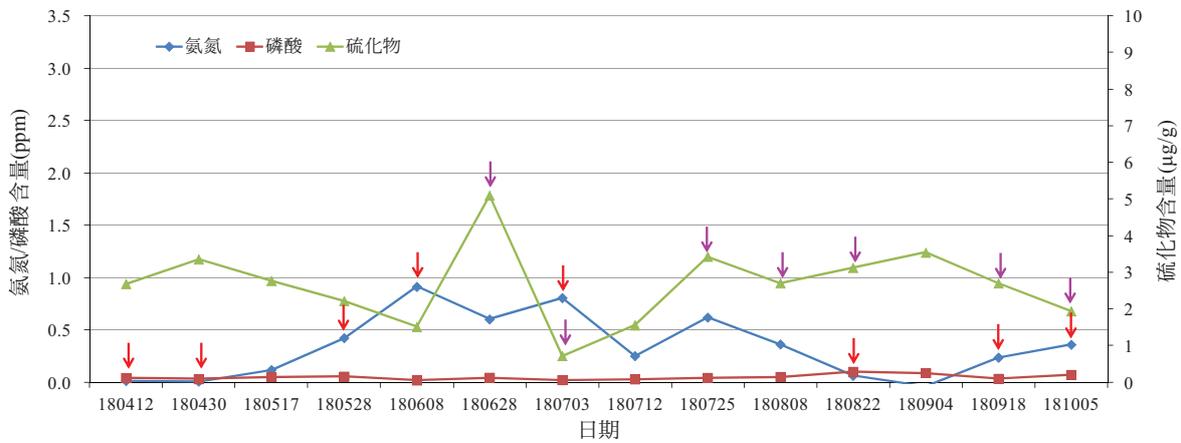


圖 4-7 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形(雲林四湖示範戶 15)

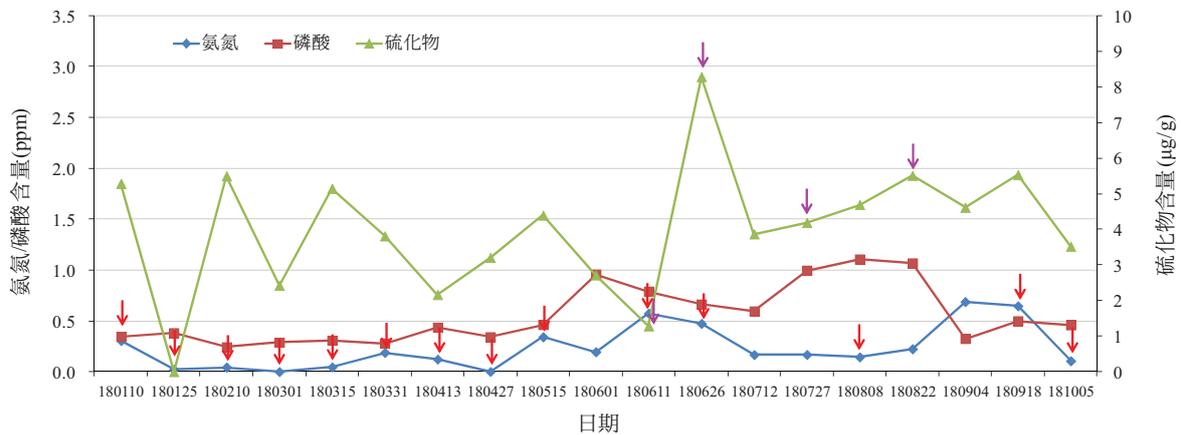


圖 4-8 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形(嘉義東石示範戶 17)

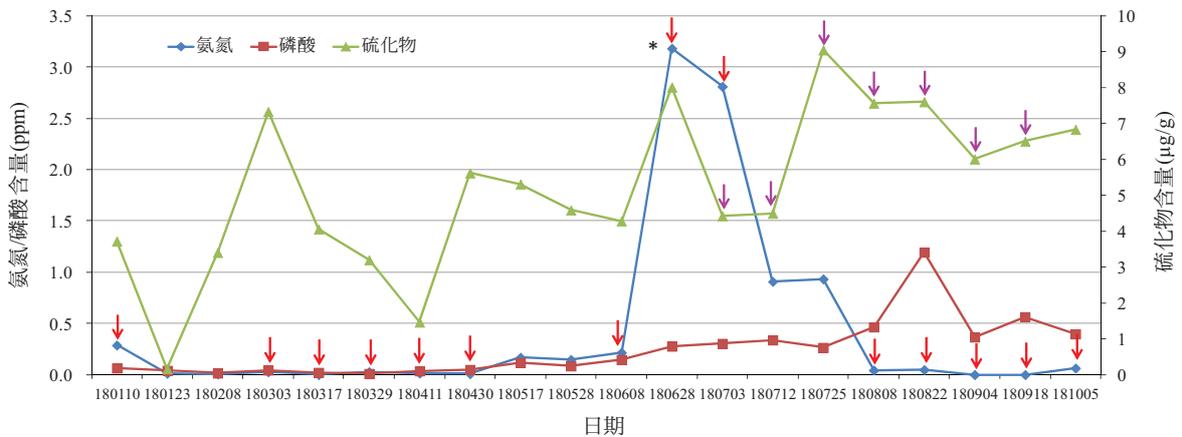


圖 4-9 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形-範例 3。當池底老化, 有機質過多時, 或硫化物含量高於 6 ppm 時, 定期定量使用光合菌或硫化菌, 還是無法解決池底硫化物過高情形(雲林四湖示範戶 14)

的繁生。若不投餵魚類用飼料，每公頃可放養虱目魚 300—500 尾，臭肚魚苗 1,000—2,000 尾或變身苦 500—1,000 尾。

在水溫低的季節，文蛤池可放養金錢魚、黑鯛及黃錫鯛（枋頭）等耐寒性魚種取代虱目魚作為文蛤池工作魚，須依照文蛤的體型大小，選擇工作魚的體型，避免文蛤被工作魚捕食。

在工作魚的管理上，投餵飼料不要過量或減量，以免工作魚不吃底藻或貽貝。夏季時要減少飼料的投餵量，避免工作魚罹患腸炎（圖 4-10），若出現工作魚死亡時，需先停料 1 星期或減少投餵量，以避免魚隻陸續死亡。用於控制貽貝的黃錫鯛或黑鯛，一般以放養 2—3 寸的魚苗為主，魚體不可太

大，以免文蛤被啃食。白蝦、斑節蝦或草蝦也是業者常混養的物種，用於撿食底藻與控制螺類，在管理上最好減少投餵量或不投餵，並配合施用益生菌，可以減少底土有機物質蓄積，減緩底土硫化物升高。在飼養期間若額外投餵粗魚粉或未經發酵的魚粉，池底有機物會因殘餌及蝦子排泄物之蓄積而增加，加速池底老化，在放養文蛤之前沒有做整池消毒工作的池塘，文蛤養殖過程中即使搭配使用益生菌，由於池底嚴重老化，導致底土硫化物持續維持在 6 ppm 以上，常有文蛤死亡的情況（圖 4-11）。因此，文蛤放養前的整池消毒工作是必要的，且在文蛤養殖期間對於混養物種也要盡量減少投餵，避免有機質蓄積以維持底土良好狀況。



圖 4-10 文蛤池混養魚種-黃錫鯛，夏季罹患腸炎死亡，圖中可見消化系統腫脹，內部充滿水樣液體（箭頭所指處）。經停餵或減量投餵麥片與飼料後，魚隻死亡情況獲改善

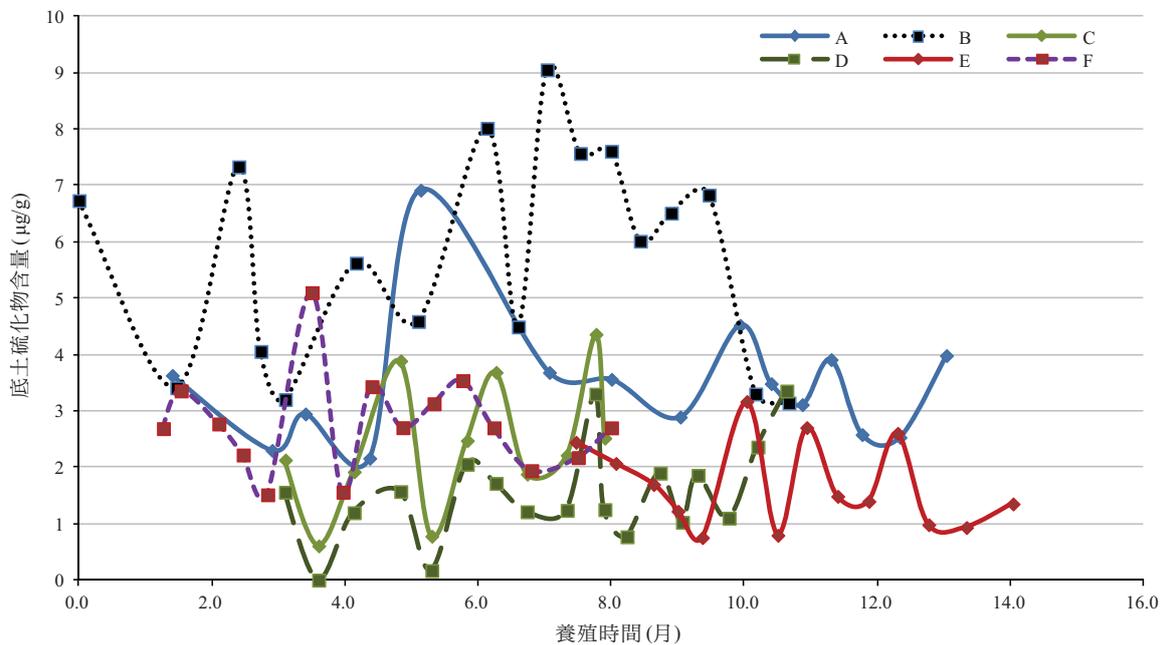


圖 4-11 文蛤池混養白蝦或斑節蝦，在養殖過程中有無投餵魚粉(或粗魚粉)、投餵量及放養前池塘是否有整池，其對底土硫化物含量表現之影響

管理說明 A：有整池混養白蝦+投餵粗魚粉或魚粉+使用益生菌；B：沒有整池混養白蝦+投餵粗魚粉或魚粉+使用益生菌；C：有整池混養白蝦+投餵少量蝦料或發酵魚粉+使用益生菌；D：有整池混養白蝦+投餵少量蝦料或發酵魚粉+使用益生菌；E：有整池混養白蝦+幾乎不投餵蝦料或投餵少量發酵魚粉+使用益生菌；F：有整池混養白蝦+幾乎不投餵蝦料或投餵少量發酵魚粉+使用益生菌

(四) 高溫

文蛤屬於廣溫性，水溫 3—39℃ 具有活動力，水溫在 25℃—35℃ 的成長速率較快，水溫低於 20℃ 以下則成長速率漸緩。根據實驗顯示，從 25℃ 開始，每小時增溫 1℃，達到 36℃ 以上，文蛤出現適應不良而無法正常潛沙，水溫高至 40℃ 則開始死亡。由高溫降至低溫，文蛤較能適應，溫度升降速率太快，或反覆變化容易受影響而死亡。在夏季高水溫期，若藻色不足，加上池水過淺，陽光直射池底，池底溫度上升，有機物過高，即成為微生物繁殖良好的地點，細菌會消耗大量氧氣去分解有機物，底土會逐漸成為無氧狀態，且底質高溫，文蛤會有適應

不良的行為。因此於高水溫期應稍微提高池水水位，避免池底水溫及土溫過高影響文蛤活存。

在 7、8 月的下午 2—3 點，文蛤池水溫常高達 33—34℃，放養密度低於 100 萬粒/公頃的文蛤尚可忍受，對於放養密度遠高於 100 萬粒/公頃的文蛤活存確實有威脅。文蛤池面積一般為 1—3 公頃，在無法遮陽的情況下，面對高溫唯有增加水位和造成水流，要進水須等白天漲潮時期，業者通常不會選在夜間漲潮進水。

文蛤養殖的鹽度在 20 psu 左右，而天然海水的鹽度在 30 psu 左右，因此在白天進水時，一次不能進太多海水，否則在溫度

和鹽度的雙重衝擊下，對虛弱的文蛤也會造成威脅。在高溫的夏季，如果鄰近文蛤池在進行豎井整池，文蛤池水位也會受影響而降至 30 cm 以下，甚至更低，對養殖文蛤往往產生致命的影響。

為克服高水溫，業者一般都會提高池塘水位，因此在規劃文蛤池時，可考慮設置蓄水池或裝置抽水馬達抽取池外的海水以提高池塘水位，如果無法設置提高水位的應變措施（譬如承租的魚塢），面對高水溫期唯有降低放養密度，以度過危險的高溫期。

(五) 強降雨

文蛤屬於廣鹽性，正常生長的鹽度 10—45 psu，中部地區文蛤池鹽度一般在 20—25 psu 之間；南部地區文蛤池鹽度在 30—40 psu。池水鹽度從高降至低，文蛤較能夠適應，但也不能長期低於 15 psu。在梅雨及颱風季節時應提防豪雨造成池水鹽度瞬間過低（減少 5—10 psu）而影響文蛤生長及活存。冬天則需防患東北季風的蒸散作用而使池水鹽度升高，因此需每日測量鹽度，以海水或淡水調節池水維持適當的鹽度。在氣象報導有強降雨來臨時，使用農業石灰 100 kg/公頃（10 ppm），提高養殖池 pH 值。

極端天氣造成持續性豪雨的情況越來越多，持續性的豪雨造成部分地區的文蛤養殖業出現延遲性災損。受損的文蛤池大都位在溪流或大排的出海口附近，因持續性的大雨，陸上累積的雨水持續性地往溪流或大排排入大海，阻礙了漲潮海水湧入調節鹽度的窘境，導致文蛤池的鹽度在 8 psu 以下長達 10—14 天。文蛤長期處在低鹽度無法開口

的情況，其體力逐漸衰弱而導致死亡。持續性豪雨對四湖地區文蛤養殖的影響較少，原因之一是海水會出泉滲入文蛤池，鹽度受上層雨水稀釋程度較小。

為改善強降雨的影響，可調整文蛤養殖面積為 0.5—1 公頃，在池中設置數個 500 L 的塑膠桶，收集池中的上層雨水，然後以水管將雨水引至岸邊的水井，再以馬達將雨水抽出，以降低文蛤池水淡化的速度。另一種處理方式，模擬海水滲入池子的作法，在池子的四個角落，在底泥深度 1 m 左右，埋入多隻橫管，平常做豎井的功能，持續大雨時，每週可由此管路打入海水 1 次，以提高底泥中或底層水的鹽度，降低文蛤遭受持續豪雨的威脅。

(六) 疾病防治

近年來氣候變遷，文蛤成長緩慢及季節性或偶發性大量死亡的問題日趨嚴重，造成養成時間拉長及養成率偏低、上市階段成長變緩且蛤肉變少，造成產量下降，收益嚴重縮水。目前臺灣西南沿海養殖文蛤於季節性或偶發性大量死亡發生可能原因有水質不良、養殖密度高、水源受到污染、溫度及鹽度劇烈改變、管理不善、細菌性疾病發生的可能，依照現有的問題推測並非單一的情況，而是綜合的情形混合所造成，環境異常變化加上投餵過量，使得原本環境中即具有潛在的病原菌大量孳生，加上文蛤受緊迫抵抗力降低，更易感染病原菌。文蛤疾病的防治對策主要為確實進行養殖前整池工作、控制養殖密度、平時養殖管理的加強、養殖環境的改善，最重要是 4 月見水溫升高就要定

期 3—4 週以二氧化氯 1 ppm 降低菌量。

(七) 文蛤出現死亡時的因應方法

文蛤潛入沙土中，依沙土鬆硬程度不同，潛入深度就有差異，越鬆軟，潛入就越深，除非受到干擾向更深處潛逃，正常深度只需將出入水管露出土表，以進排水方式，由鰓部濾取水中微細藻類、有機碎屑，攝取食物。當文蛤爬出底土表面，即是文蛤不適應環境的症狀，需要立即處理。

1. 加強水車開動增加水中溶氧，觀察情況。
2. 情況較輕微時，以 1 ppm 二氧化氯處理，隔天添加 5 ppm 光合菌。
3. 情況嚴重時，利用夜間排乾池水，再以淡水清洗後補充海水，維持池水鹽度在 18—20 psu 上下。
4. 若發生空飄現象，則以 1 ppm 二氧化氯連續處理 3 天，隔天再添加 5 ppm 光合菌。
5. 施灑沸石粉或底質改良劑等來改善環境。

(八) 似殼菜蛤及孔雀蛤的防治

當其他貝類數量多時，會與文蛤競爭食物，造成水色變清而影響文蛤的成長，甚至文蛤被孔雀蛤吸附夾擊而影響活存。故在整池時須徹底曬池及清除池壁附著生物，再以 20—25 ppm 茶粕浸泡。進水時防止貝類幼生期（孔雀蛤、牡蠣、藤壺及螺類等幼生浮游期）隨同海水一起流入池中，故進水時以二氧化氯 1—2 ppm 殺貝類浮游期。養殖過程中放養黃錫鯛、黑鯛等鯛科魚類攝食此類附著生物。

四、輔導養殖戶之文蛤養殖近況

(一) 彰化芳苑地區

土質大多為沙質底為主，過去很少翻底土，長年下來底質老化，經輔導養殖戶多數都有進行整池，且建立標準化之整池程序。目前文蛤放苗時間在 9—11 月底之間，放養量及規格分別為 80 萬粒/公頃（400 粒/斤）—200 萬粒/公頃（700 粒/斤）。建議未來放養時間應提前至 6—7 月放養，且放養規格應以 500 粒/斤以上較佳，放養量應以 80—100 萬粒/公頃，經養殖 10 個月可達上市規格 40—50 粒/斤，也可避過每年 5—6 月雨季來之前收成。該區在冬季 12 月至翌年 2 月間因沙質底浮游植物量非常低，故水色非常清澈成長較緩慢，建議引用養魚池水或醱酵料加強改善成長緩慢。

輔導戶實驗池先經底質改良劑、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉做水。養成期間每週使用石灰、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉投餵。經以上處理後實驗池底質中硫化物濃度比對照池低，底土 pH 在 7.5—8.1 之間，ORP 大多數介於 -100—-150 mV，故產生硫化氫比例低，底土也沒有硫磺惡臭異味，未處理過底質呈現黑色，處理過後底質呈現土色（圖 4-12）。處理池養殖之文蛤顏色較淺，未處理池養殖之文蛤顏色較黑（圖 4-13）。

文蛤池水質氨、亞硝酸、化學需氧量皆很低，溶氧量皆在 4—6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。鹽度大

多介於 20–25 psu 之間，除非在 6–8 月間降下大豪雨鹽度瞬間巨降至 10 psu 而造成大量死亡。



圖 4-12 水池未經底質改良劑處理前底質呈現黑色(上)，處理後底質呈現土色(下)



圖 4-13 水池未經底質改良劑處理前文蛤顏色較黑(右)，處理後文蛤顏色較淺(左)

(二) 臺南三股、七股、安平地區

土質大多為沙壤土為主，過去也很少翻底土，僅在池邊挖深溝抽乾水，長年下來底質老化，經輔導養殖戶多數都有整池之 SOP 操作。目前文蛤放苗時間在 3–6 月底之間，放養量及規格分別為 60 萬粒/公頃 (500 粒/斤) 至 80 萬粒/公頃 (800 粒/斤)。建議放養規格應以 500 粒/斤以上，放養量為 50–60 萬粒/公頃較佳。該區在冬季 12 月至翌年 2 月間因沙壤土浮游植物量較低，故水色較低些，建議引用養魚池水或醱酵料加強成長。

輔導戶實驗池先經底質改良劑、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉做水。養成期間每週使用石灰、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉投餵。經以上處理後實驗池底質中硫化物濃度比對照池低，底土 pH 在 7.5–8.1 之間，ORP 大多數介於 -100– -150 mV，故產生硫化氫比例低，底土也沒有硫磺惡臭異味。

文蛤池水質氨、亞硝酸、化學需氧量皆很低，溶氧量皆在 4–6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。鹽度大多介於 30–50 psu 之間，因為冬季臺南無雨水乾季鹽在 40 psu 以上成長較緩和。除非在 6–8 月間降下大雨，鹽度降至 20–30 psu 之間更適合文蛤快速成長。但今 (107) 年 8 月 23、24 日兩天降下大豪雨淹水鹽度瞬間遽降，沿岸海水淡化而造成 (部分養殖文蛤) 大量死亡。大多數輔導戶收成量都比去年成長很多 (圖 4-14–4-15)。



圖 4-14 彰化地區文蛤池底質與水質參數之月份變化

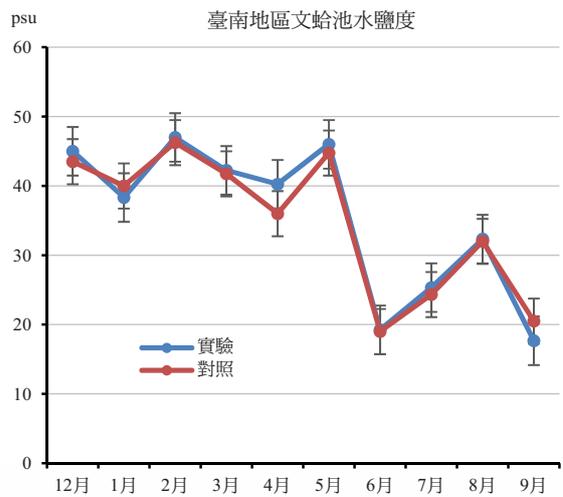
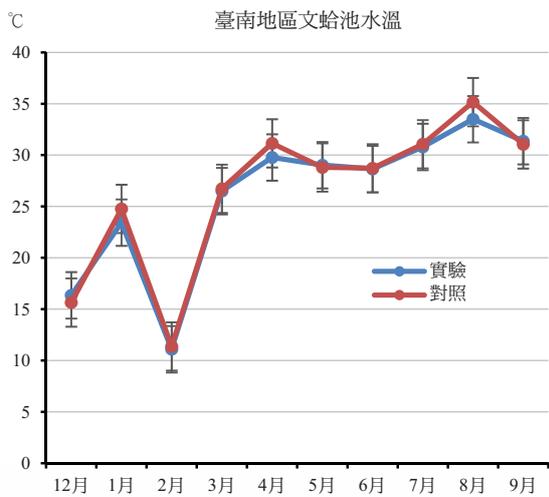
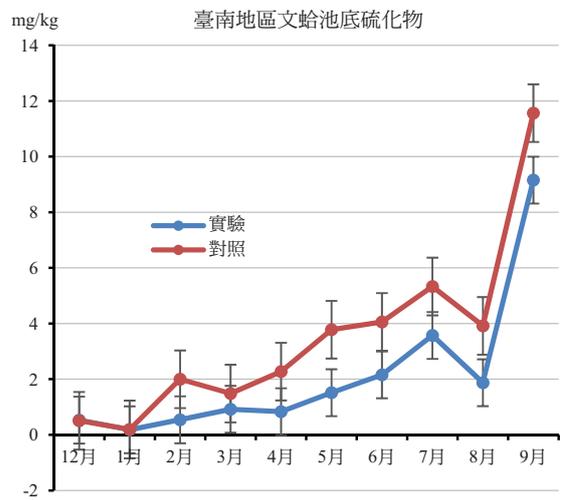
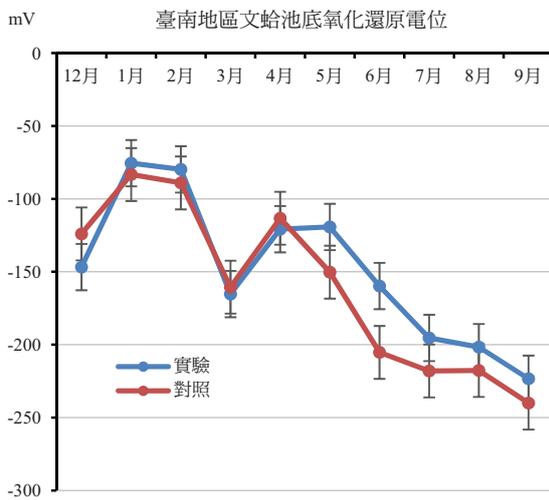
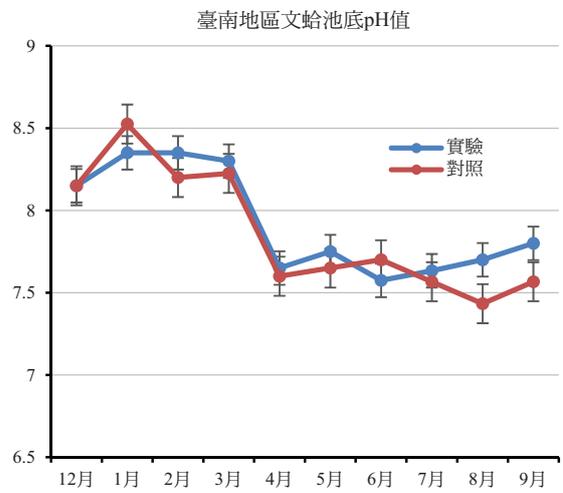
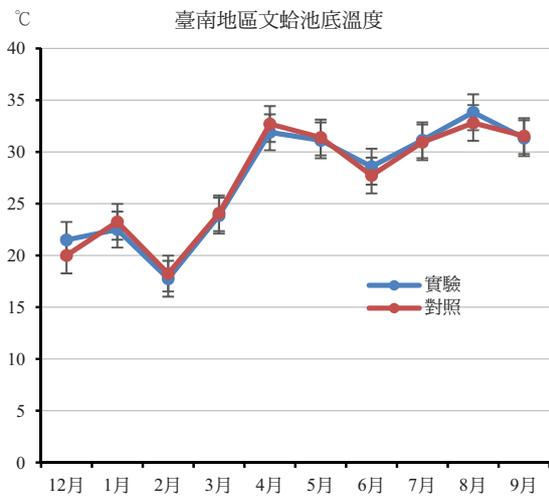


圖 4-15 臺南地區文蛤池底質與水質參數之月份變化



第五章 養殖文蛤的餌料

李安進¹、周芷儀²、黃麗月³

¹ 國立嘉義大學水生生物科學系、² 水產試驗所東港生技研究中心、³ 海水繁養殖研究中心

一、餌料生物

文蛤為潛沙性的無脊椎動物，牠們攝食的餌料通常為單胞藻、有機碎片和溶解性的有機質。文蛤飼料的顆粒大小要夠適口才能被文蛤直接濾食，觀察文蛤胃中含有很多海水中的浮游物質，如有機碎屑、矽藻、鞭毛藻和原生動物等，但主要攝食之餌料生物為小型的單細胞及鞭毛藻類。

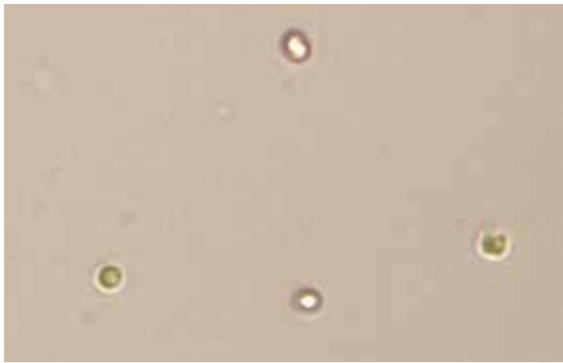
文蛤攝食的藻類主要為矽藻，然而矽藻的種類分布和數量，會有區域性和季節性的變化，因此文蛤胃中的內含物的種類和數量易受區域性和季節性的影響。

為改善臺灣文蛤養殖常遇到餌藻供應不足之問題，深入了解藻類濃度及種類對文蛤攝食之影響，進而建立穩定餌藻供應程序，掌握文蛤攝食與藻種培養之平衡養殖關係，是文蛤養殖產業非常重要的一環。

經收集文蛤攝食藻種資料，並檢視文蛤養殖區域自然發生藻種、文蛤養殖池藻種及文蛤腸胃道中存在藻種後，篩選擬球藻 (*Nannochloropsis oceanica*)、等鞭金藻 (*Isochrysis* aff. *galbana*)、角毛藻 (*Chaetoceros gracilis*)、周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*)、魏氏海鏈藻

(*Thalassiosira weissflogii*)、綠色巴夫藻 (*Pavlova viridis*)、鹽生巴夫藻 (*P. salina*) 及亞心型扁藻 (*Tetraselmis subcordiformis*) 等易培養且貝類養成常用藻 (圖 5-1)，進行室內外擴培及文蛤攝食試驗。

試驗微藻培養各藻株：擬球藻沒有鞭毛，不會游動，大小約 2–4 μm ，適合培養條件為鹽度 25–35 psu、高光照及 25–31 $^{\circ}\text{C}$ ；等鞭金藻含高量二十二碳六烯酸 (DHA)，無細胞壁，有二根鞭毛，會游動，大小約 3–7 μm ，色素體金褐色，最適培養條件為鹽度 26–30 psu、高光照及 20–25 $^{\circ}\text{C}$ ；角毛藻沒有鞭毛，不會游動，有四根角刺，大小約 6–9 μm ，較適培養條件鹽度 25–35 psu、低光照及 20–30 $^{\circ}\text{C}$ ；周氏扁藻有眼點、四根鞭毛，會游動，大小約 12–15 μm ，培養鹽度 25–35 psu、低光照及 25–30 $^{\circ}\text{C}$ ；魏氏海鏈藻大小約 15–20 μm ，沒有鞭毛，不會游動，培養鹽度 25–35 psu、高光照及 15–20 $^{\circ}\text{C}$ ；綠色巴夫藻有二鞭毛，會游動，培養鹽度 26–35 psu、低光照及 20–30 $^{\circ}\text{C}$ ；鹽生巴夫藻有二鞭毛，會游動，培養鹽度 30–35 psu、低光照及 20–25 $^{\circ}\text{C}$ 及亞心型扁藻有鞭毛，會游動，大小約 12–10 μm ，培養鹽度 30–35 psu、低光照及 20–25 $^{\circ}\text{C}$ 。



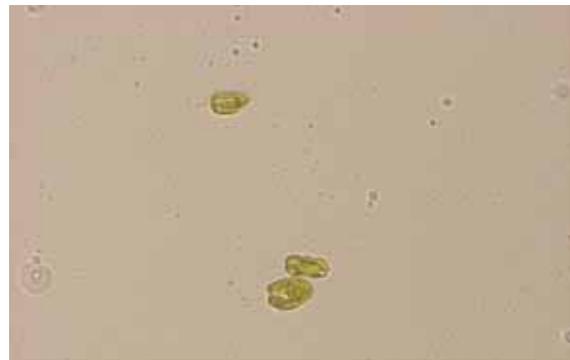
擬球藻 (*Nannochloropsis oceanica*)



等鞭金藻 (*Isochrysis* aff. *galbana*)



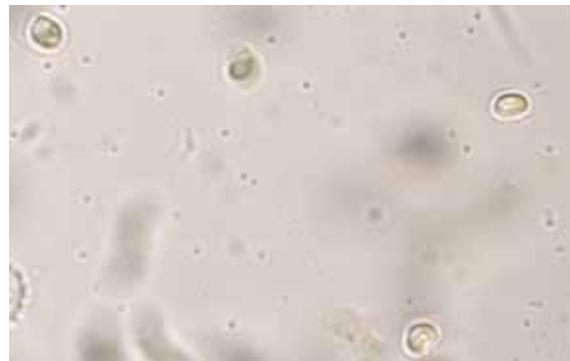
角毛藻 (*Chaetoceros gracilis*)



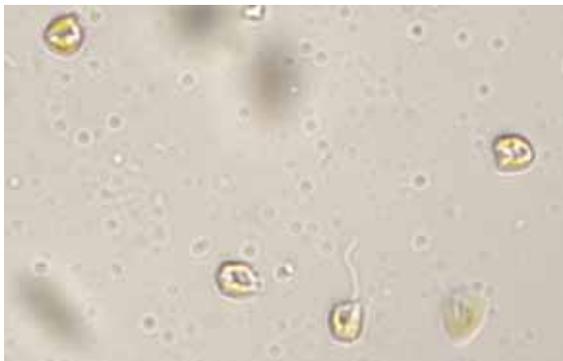
周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*)



魏氏海鏈藻 (*Thalassiosira weissflogii*)



綠色巴夫藻 (*Pavlova viridis*)



鹽生巴夫藻 (*Pavlova salina*)



亞心型扁藻 (*Tetraselmis subcordiformis*)

圖 5-1 貝類養成常用藻

微藻培養的肥料添加可應用種類繁多，以綠藻而言，水中的氮素較高時，有傾向以綠藻為優勢種的可能性，而要培養矽藻，水中必須確定含有矽酸鹽。

研究結果顯示，各藻株特性不同，於戶外培養需配合適應之培養環境，擬球藻、魏氏海鏈藻及綠色巴夫藻對環境需求接受度較廣，易穩定培養，配合適當季節環境，室外擴培藻細胞成長速度明顯優於室內培養，其中魏氏海鏈藻可於冬季 15°C 之水溫穩定培養，是很好的冬季餌藻種原；等鞭金藻需較高光照及較低溫度，在冬季戶外培養或環境通風處培養較佳，易因環境變動倒藻，需固定室內保種，以有效增加藻種使用穩定性；鹽生巴夫藻需較低光照及低溫度培養，對環境變化之耐受性較低，不易於室外培養；角毛藻需以低光照高溫培養，細胞增長受溫度影響反應較顯著，溫度增高時成長較佳，試驗結果顯示，角毛藻可耐 37°C 高溫及需求 300 PAR (光合有效輻射，photosynthetically active radiation) 以下之光照，且依藻種培養狀況取用 60%，可留下優良藻體持續培養有效促進藻細胞增長，以最快時間適當提供養殖使用；周氏扁藻及亞心型扁藻較適以低光照培養，溫度於 24.8–30.8°C 之間，最強光照在 5,800 Lux 以下，周氏扁藻及亞心型扁藻細胞增長快速穩定，極適應室外擴培條件。

經試驗結果顯示，擬球藻、魏氏海鏈藻、綠色巴夫藻、等鞭金藻、角毛藻及亞心型扁藻皆可於室內外擴培，並可每 4 天提供 60% 取用，於添加新營養液後藻細胞可快

速增殖；周氏扁藻室內擴培每 4 天可取用 40%，室外擴培每 4 天可取用 60%；鹽生巴夫藻在室內外擴培培養可每四天取用 40%。文蛤投餵可參考此比例於戶外培養微藻時計算所需培養微藻數量，促進微藻有效利用。

將擬球藻、等鞭金藻、角毛藻、周氏扁藻、魏氏海鏈藻、綠色巴夫藻、鹽生巴夫藻及亞心型扁藻用於投餵文蛤，試驗結果各藻株投餵文蛤最適濃度分別為 70×10^4 cells/ml 擬球藻、 30×10^4 cells/ml 等鞭金藻、 10×10^4 cells/ml 角毛藻、 10×10^4 cells/ml 周氏扁藻、 1×10^4 cells/ml 魏氏海鏈藻、 20×10^4 cells/ml 綠色巴夫藻、 40×10^4 cells/ml 鹽生巴夫藻或 7×10^4 cells/ml 亞心型扁藻，以這些濃度投餵文蛤稚貝不會產生擬糞，且可維持 4 小時水中仍有微藻可供文蛤稚貝攝食。以純種藻投餵文蛤稚貝培養試驗，其中一天投餵文蛤稚貝等鞭金藻一次可得最佳增重及特殊成長率，其中增重百分比達 33.46%，對文蛤成長有最佳飼育成效，另以等鞭金藻 1 天 2 次投餵文蛤稚貝亦可得 29.94% 增重及表現次之的特殊成長率。

經試驗結果可了解在適當培養環境下，各藻株於室外培養表現皆較室內培養為佳，以室內維持保種而於室外擴培可提供最佳質量餌藻，並維持穩定生產藻體。另，以不同藻種投餵文蛤稚貝攝食試驗，結果顯示，等鞭金藻可有效促進文蛤生長，但等鞭金藻室外穩定培養不易，建議於文蛤池中培養擬球藻、角毛藻、魏氏海鏈藻或綠色巴夫

藻，以持續穩定供應一定數量之藻細胞供文蛤攝食，再依適合之培養環境，以保種之等鞭金藻於室外擴培，提供文蛤攝食所需餌藻。

在文蛤餌料試驗結果指出，把幾種單細胞藻類混合在一起培養文蛤，要比按等量使用其中一種效果較好，這可能是由於不同的藻類含有不同的營養成分可以彌補單種餌料的不足。但從各培養效果上看，以金藻類培育文蛤較為理想。

實際調查發現，文蛤池中常見的微細藻類有：矽藻類的長菱形藻 (*Nitzschia longissima*)、菱形藻 (*Nitzschia* sp.)、舟形藻 (*Navicula* sp.)、雙眉藻 (*Amphora* sp.)、小環藻 (*Cyclotella* sp.)、脆桿藻 (*Fragilaria* sp.)、布紋藻 (*Gyrosigma* sp.)、斜紋藻 (*Pleurosigma* sp.)，裸藻類的裸藻 (*Euglena* sp.)、囊裸藻 (*Trachelomonas* sp.)，綠藻類的小球藻 (*Chlorella* sp.) 以及藍綠藻類的平裂藻 (*Merismopedia* sp.)、隱球藻 (*Aphanocapsa* sp.) 等 (圖 5-2)。其中舟形藻、菱形藻、斜紋藻、脆桿藻及小環藻等海水環境中常見的矽藻及綠藻類的小球藻等都富含 n-3 脂肪酸和其他營養物質，非常適合文蛤的活餌來源。

經許多實驗研究結果顯示，投餵文蛤微細藻類一般成長效果皆優於投餵其他餌料，但微藻培養有其條件及難度，為促進文蛤養殖產業發展，微藻培養仍需更進一步配合適當的環境、氣候、操作方法、營養及培養合適的微藻種類，以達成建立文蛤攝食與藻種培養之平衡養殖關係的重要任務。

二、輔助飼料

文蛤是濾食性無脊椎動物，在天然海域的食物，主要為微藻、有機碎片和溶解性物質。文蛤的濾食性行為是由海水通過鰓絲時，由鰓絲將適當的顆粒過濾下來的，因此不同階段 (體型) 的文蛤，其濾食顆粒的大小會有所差異。影響餌料進入文蛤口部的因素很多，文蛤的口部被兩殼和外套膜包住，不易觀察其攝食行為，且在文蛤養殖管理的過程中，時常換水是文蛤成長重要的因素。不同地區水中有機質的種類和含量不一樣，不同文蛤池底泥所含的有機質不同，這些有機質經底泥中耗氧性、兼性厭氧性和厭氧性微生物降解成溶解性的有機分子，也會被文蛤的鰓和外套膜所吸收，因此要開發文蛤飼料的配方，不是一件簡單的事。無脊椎動物需要較高量的不飽和脂肪酸，而大部份的海洋性微藻都含有大量的不飽和脂肪酸，因此推測海洋性微藻應該是文蛤的主食，其他的有機碎片和溶解性物質則是文蛤的副食。

海洋微藻每次分裂的時間約在 14–18 小時左右，在文蛤大量養殖的型態下，單純提供海洋微藻給文蛤是不夠的，尤其是在養殖過程的後期，因此必須提供其他的文蛤輔助餌料，如發酵液、發酵飼料或其他粉狀飼料等。

市售粉狀飼料大都以 60 網目 (孔徑約為 220 μm) 或 80 網目 (孔徑約為 170 μm) 過篩，這些粉狀飼料的顆粒大部分超出文蛤可濾食的粒徑大小 (5–25 μm)，因此直接



長菱形藻(*Nitzschia longissima*)



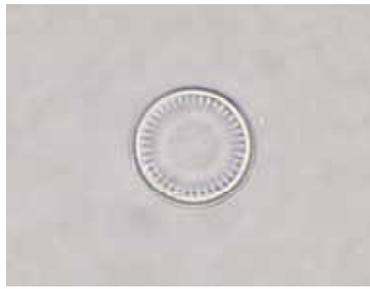
菱形藻(*Nitzschia* sp.)



舟形藻(*Navicula* sp.)



雙眉藻(*Amphora* sp.)



小環藻(*Cyclotella* sp.)



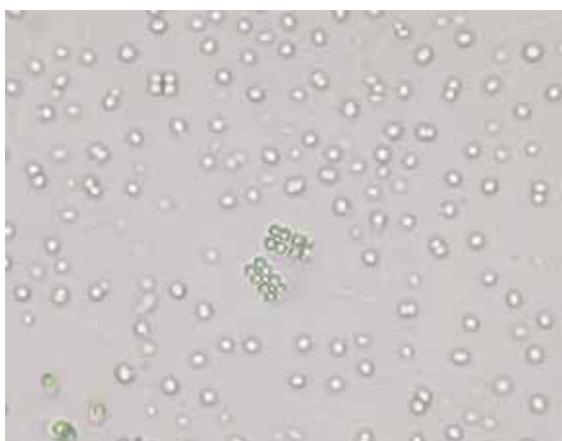
布紋藻(*Gyrosigma* sp.)



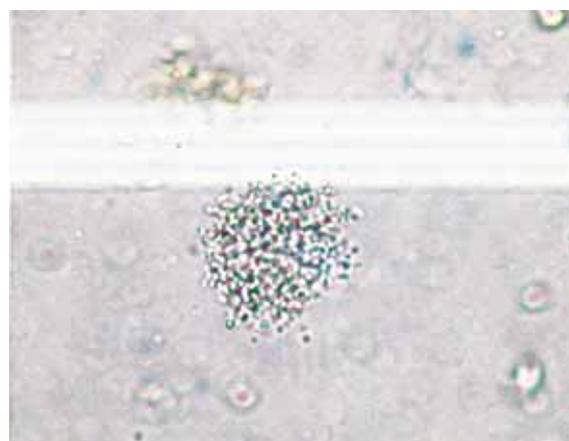
裸藻(*Euglena* sp.)



囊裸藻(*Trachelomonas* sp.)



平裂藻(*Merismopedia* sp.)



隱球藻(*Aphanocapsa* sp.)

圖 5-2 文蛤池中常見的微細藻類，主要為矽藻類與藍綠藻類

投餵這種飼料，往往造成文蛤無法直接濾食，沉在底泥之飼料，須經細菌分解成小分子，方能直接或滋養微藻後再被文蛤所利用。這種特殊的利用方式，在高溫的季節裡，會大大增加文蛤池的負擔。飼料的三大營養成分為碳水化合物、脂質和蛋白質，碳水化合物經細菌利用後，只剩二氧化碳和水，同樣地，脂質經細菌利用後，也只剩二氧化碳和水，沒有釋放營養鹽滋養藻類。只有蛋白質和核酸經細菌利用後，可釋放含氮營養鹽和磷酸鹽，這些營養鹽可以滋養藻類。這也就是為甚麼目前施撒於文蛤池的粉狀飼料都以蛋白質為主，如鰻粉、魚粉和黃豆粉等。

檢視文蛤整體的組成，可發現文蛤的殼約佔體重的 50—55%，淋巴液和殼內的海水約佔體重的 35%，可食軟體部分約佔體重的 15%。由文蛤整體組成的比例可知，殼才是文蛤的主體部分，文蛤需消耗大量的能量來形成殼，文蛤可食部分佔文蛤整體的比率低，因此文蛤輔助飼料的蛋白質含量不用太高。此外，在高溫的季節，文蛤代謝速率增加，需要提供足夠的食物或能量來供應文蛤生長及成長所需，若池中水色澄清時，需適量地投餵文蛤輔助飼料以提供文蛤基本生長代謝所需，若長期不投餵，雖然文蛤仍然可活存，但瘦弱容易死亡（圖 5-3）。

只要顆粒大小適宜，一般價廉的畜產用飼料原料都可以作為文蛤輔助飼料的原料。文獻顯示適合文蛤濾食的顆粒大小約為 20—25 μm ，文獻也顯示文蛤幼苗或稚貝可濾食擬球藻（體型 2—4 μm ），更有文獻顯



圖 5-3 文蛤長期(1-2 個月)無餵食下，雖然仍活存(上圖)，經解剖後發現體肉部分明顯縮小，斧足幾乎無肉(下圖)

示可用大型藻碎片投餵二枚貝可獲得滿意的生長速度，因此在文蛤池裡大小不一的文蛤可濾食顆粒的範圍應該很廣。以目前的粉碎機器可以生產各種大小的顆粒，然而要生產的顆粒越小，產量越低，機器的耗損越大，因此生產的成本就越高，在考慮生產的成本，必須對顆粒大小的選定要有折衷的考慮。

目前常用的飼料原料有以下幾種：

(一) 米糠

稻米經烘乾、篩選、除芒、脫殼後，經分離即得到初級產品糙米，全脂米糠為糙米在精製過程中所脫除之果皮層、種皮層及胚芽等混合物，也有少量之粗糠、碎米及碳酸鈣。全脂米糠經溶劑或壓榨提油後殘留之米糠即為脫脂米糠。全脂米糠的纖維較多且粗，含油量高，要生產 30—35 μm 的顆粒有相當大的困難。

(二) 麩皮

先篩選去除小麥原料所混入的雜質異物，再依小麥原料狀況加水加熱調勻，然後

進入研磨過程，經數階段之粗磨、細磨、篩選等過程，麩皮是粗磨過程中所產生的片狀物，約佔全麥的 15%。由於小麥色澤不同又有紅麩皮、白麩皮和混合麩皮之分，白麩皮所含蛋白質較低，而紅麩皮的蛋白質含量較高。

(三) 粉頭

在小麥原料進入研磨過程中，細磨階段所產生的粉狀物，約佔全麥的 3—5%。

(四) 次級麵粉

小麥經研磨脫皮後，可分為麩皮、胚乳和胚芽等三部分。一般麵粉只收集比較內層的胚乳部分，這種麵粉的灰分較低、顏色較白，稱之為粉心粉。精製麵粉後，所剩下靠近麩皮的麵粉稱為次級麵粉，其灰分含量較高、顏色較深。

(五) 大豆粉

大豆經脫皮、壓片提油後，剩下的是固態的豆粕。豆粕經粉碎後則為大豆粉，粗蛋白的含量在 47% 以上。

(六) 玉米粉

玉米含有多量的澱粉，具高能量值，極適合做為飼料的主要原料。但其蛋白質缺乏必需胺基酸中的離胺酸和色胺酸，是其缺點之一。玉米經烘培後粉碎，風味較佳，適口性好，容易被吸收。

(七) 魚粉

魚粉為用一種或多種魚類為原料，經去油、烘乾和粉碎加工後的高蛋白飼料原料。魚粉的胺基酸的比例與文蛤所需的胺基酸最為接近。魚粉含有較多量的半胱胺酸、甲硫胺酸和離胺酸，此外魚粉之維他命 B 群

含量也很多，尤其是維他命 B₁₂ 的含量極多。在無機物方面，除了鈣、磷之外，鐵的含量亦多。

上述 7 種飼料原料除米糠外，其餘 6 種原料都能粉碎至平均顆粒大小為 30—35 μm。嘉大微米級文蛤輔助飼料除含有 10% 魚粉和 40% 大豆粉以外，其餘 4 種成分等分。

除米糠外，將上述 6 種微米級飼料原料溶於水中，在實驗室進行投餵試驗 3 小時後，發現約投餵量的一半被濾食。在被濾食澱粉質較高的原料中，約 13% 形成糞便，7% 形成擬糞。在被濾食蛋白質較高的原料中，約 16% 形成糞便，16% 形成擬糞（未發表數據）。在被濾食的餌料中，約 20—32% 形成糞便和擬糞，這些排出的有機物會沉在底泥上，經海水中的硫酸鹽還原菌作用，會將海水中大量的硫酸鹽還原成硫化物，因此在養殖後期，文蛤池底泥大都會呈現黑色。在文蛤的養殖管理中，除了提供效率較高的飼料外，如何讓文蛤所排除出的糞便、擬糞和殘餌經益生菌降解後，再回到文蛤池的生態系統中供文蛤再利用，是一項重要的課題。

在 2017—2018 年間，嘉義大學文蛤養殖輔導團隊選定幾位養殖業者進行了一項田間試驗，所獲得的數據值得參考。在進行田間試驗時，每一養殖業者均提供兩個文蛤池，每一文蛤池的面積約 1 公頃左右，分為對照池和試驗池。試驗池依照嘉義大學文蛤養殖輔導團隊所訂的 SOP 方式進行文蛤養殖管理，而對照池則依照業者傳統的養殖方

式管理。嘉義大學文蛤養殖輔導團隊另提供試驗池嘉大文蛤輔助飼料和益生菌（菌種為 *Bacillus pumilus*，由水產試驗所提供菌種），嘉大文蛤輔助飼料的用量為每次每公頃文蛤池施撒 5–10 kg，投餵頻度視水色而定，而益生活菌的用量為每次每公頃魚塭施撒 6 kg 活菌，每週施撒 1 次。

文蛤養殖業者 A 在 2017 年 8 月初開始放養，放養密度約 110 萬粒/公頃，試驗池放養 900 粒/斤的文蛤苗，而對照池放養 670 粒/斤文蛤苗。8 月底開始投餵，9 月中旬本團隊開始介入輔導，10 月底正式採樣和分析水質數據。

圖 5-4 顯示，試驗池文蛤由 10 月 24 日的 130 粒/斤持續生長至隔年的 2 月 26 日的 45 粒/斤，於同年 3 月 12 日收穫，1.5 公頃的文蛤池收穫約 32,000 斤。對照池文蛤由

10 月 24 日的 160 粒/斤持續生長至隔年的 5 月 8 日的 55 粒/斤，於同年 6 月底收穫，1.5 公頃的文蛤池收穫約 34,000 斤。

試驗池文蛤持續快速的成長，池水中氮氮的濃度都低於 200 ppb，然而對照池水中氮氮的濃度有三分之一以上的時間高於 400 ppb (圖 5-5)。同樣地，試驗池水中正磷酸鹽的濃度都低於 80 ppb，然而對照池水中正磷酸鹽的濃度有一半以上的時間高於 100 ppb (圖 5-6)。

試驗池水中葉綠素 a 的濃度也都低於對照池水中葉綠素 a 的濃度 (圖 5-7)。雖然每週在每公頃試驗池施撒 6 kg 的益生菌，但試驗池底泥氧化還原電位遠較對照池為低 (圖 5-8)，顯示文蛤長得快，吃得較多，同時應該也產生較多的糞便，因此在底泥也累積較多的有機物。雖然施撒此種益生菌，對

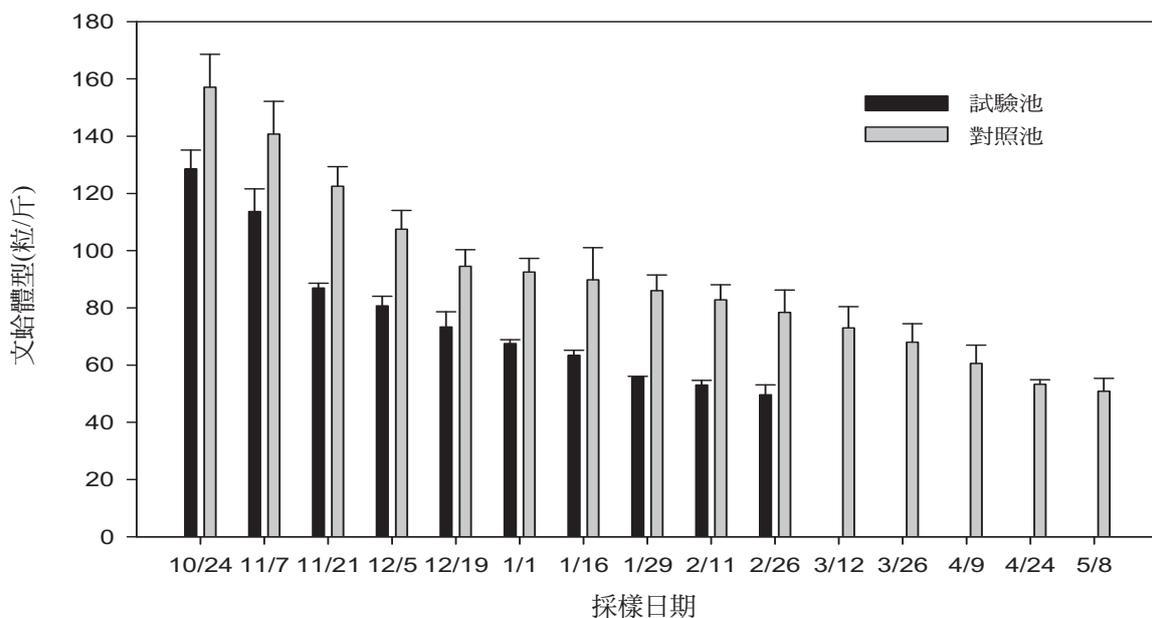


圖 5-4 文蛤養殖業者 A 試驗池和對照池文蛤從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 5 月 8 日的生長分布

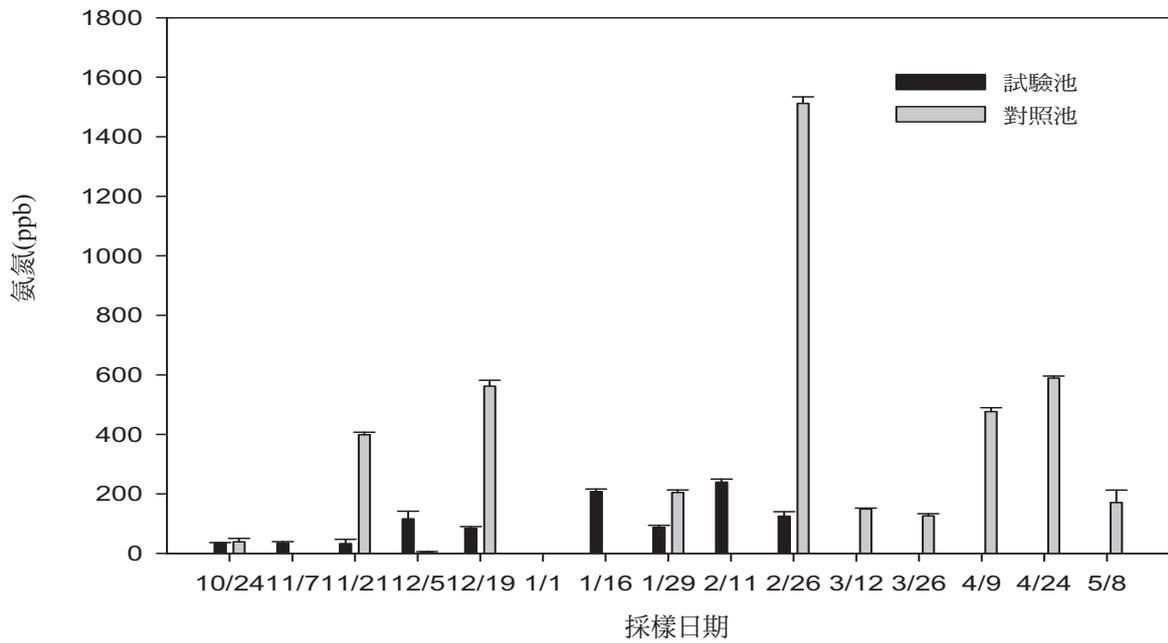


圖 5-5 文蛤養殖業者 A 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 5 月 8 日池水中氨氮濃度的變化

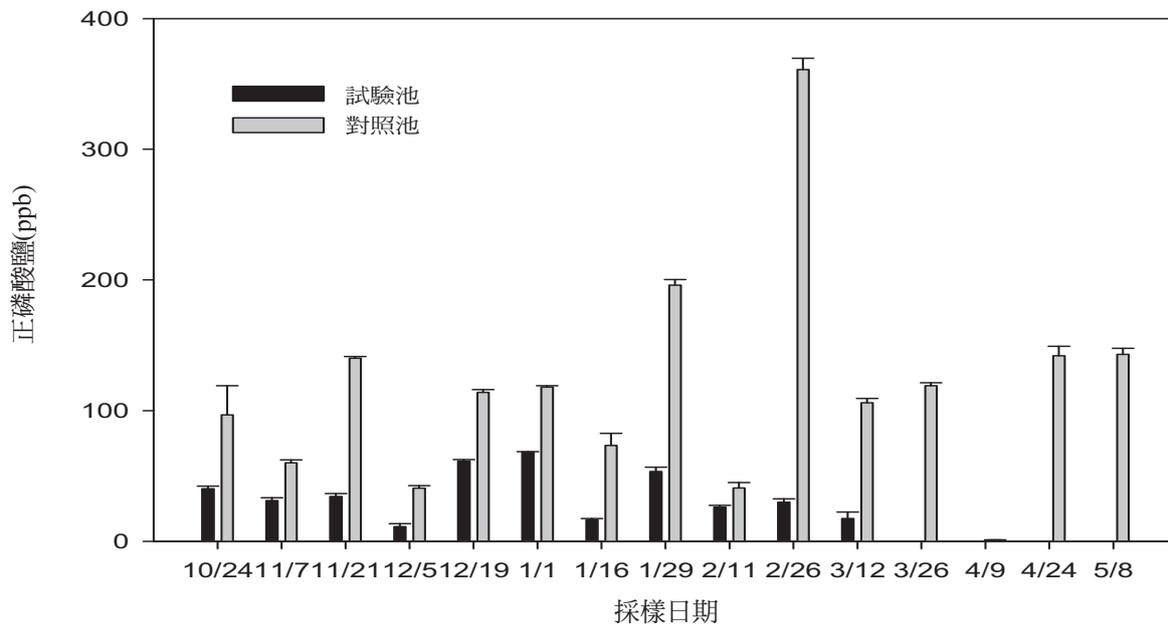


圖 5-6 文蛤養殖業者 A 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 5 月 8 日池水中正磷酸鹽濃度的變化

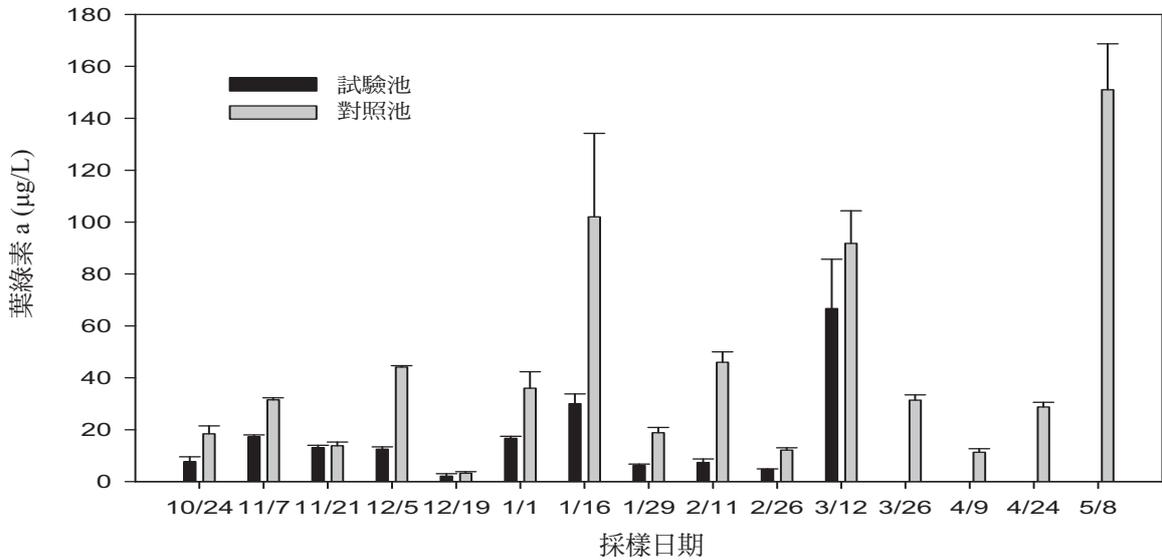


圖 5-7 文蛤養殖業者 A 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 5 月 8 日池水中葉綠素 a 濃度的變化

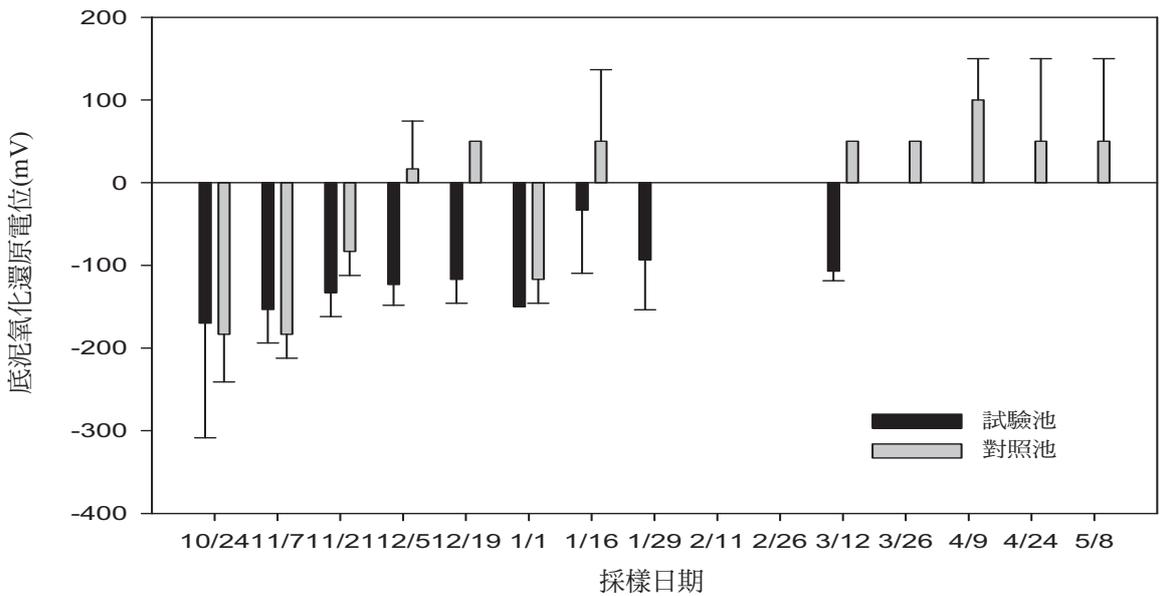


圖 5-8 文蛤養殖業者 A 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 5 月 8 日底泥氧化還原電位的變化

文蛤的生長有顯著的助益，但偵測底泥的氧化還原電位結果顯示，此種益生菌降解有機物的能力有限，應該再引進其他降解有機物較強的益生菌，如枯草桿菌等。

文蛤養殖業者 B 在 2017 年 8 月底開始

放養文蛤，放養密度約 120 萬粒/公頃，試驗池放養 900 粒/斤的文蛤苗，而對照池亦於 8 月底放養 900 粒/斤的文蛤苗。9 月底開始投餵，10 月底正式進行採樣和分析水質數據。

圖 5-9 顯示，文蛤養殖業者 B 試驗池文蛤由 10 月 24 日的 165 粒/斤生長至隔年的 6 月 4 日的 50 粒/斤，原定 6 月底收穫，但採收 2,000 斤後，因文蛤含肉率過高停撈，開始大量死亡，粗估約折損一半，於同年 7 月底收穫 13,600 斤。對照池文蛤由 10 月 24 日的 220 粒/斤停頓生長至隔年的 7 月 16 日

的 80 粒/斤，於同年 8 月中旬收穫 9,350 斤。

養殖業者 B 試驗池文蛤生長速度較對照池的文蛤為快 (圖 5-9)，試驗池池水中氨氮的濃度也較對照池氨氮的濃度為低 (圖 5-10)，然而卻較養殖業者 A 試驗池池水中氨氮的濃度為高 (圖 5-5)，顯示監測池水氨氮的濃度可能可以做為文蛤成長的指標。同

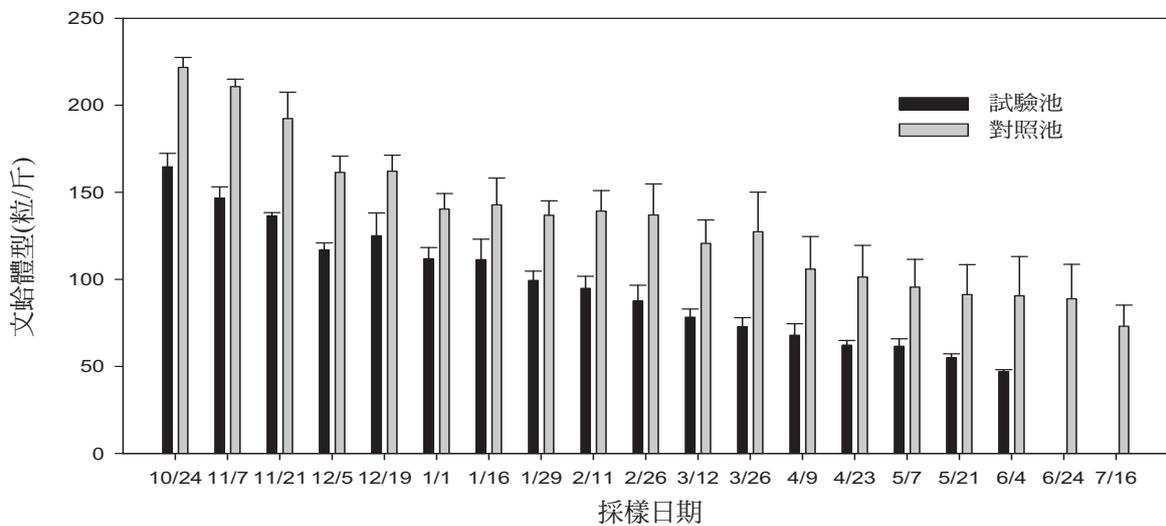


圖 5-9 文蛤養殖業者 B 試驗池和對照池文蛤從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 7 月 16 日生長分布

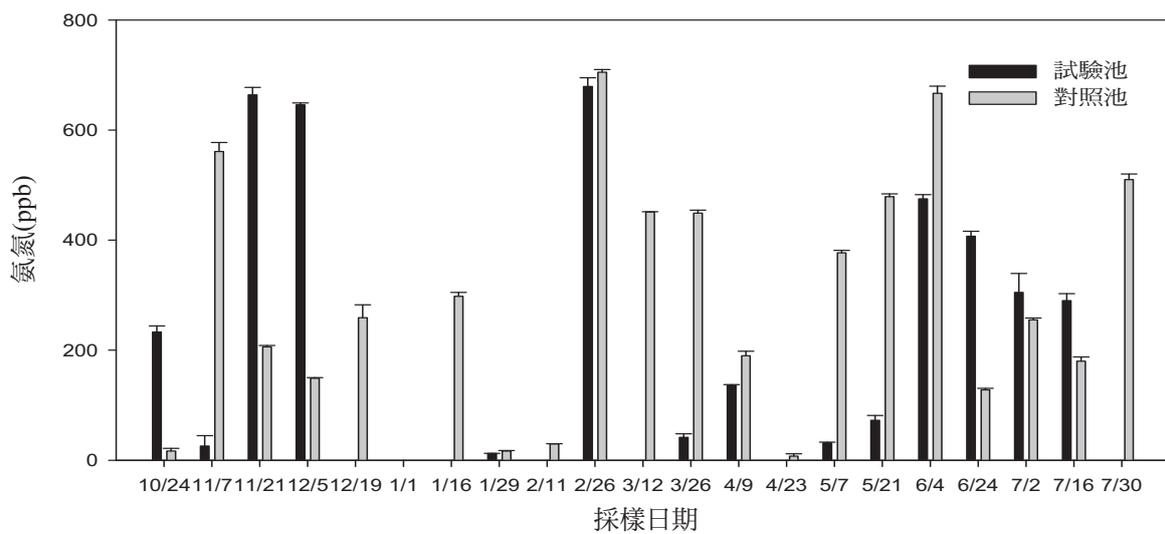


圖 5-10 文蛤養殖業者 B 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 7 月 30 日池水中氨氮濃度的變化

樣地，養殖業者 B 試驗池水中正磷酸鹽的濃度都低於 200 ppb，然而對照池水中正磷酸鹽的濃度都在 200 ppb 左右，在養殖後期更飆至 800 ppb 以上 (圖 5-11)。試驗池水中葉綠素 a 的濃度與對照池水中葉綠素 a 的

濃度則沒有明顯的相關性 (圖 5-12)。雖然每週在每公頃試驗池施撒 6 kg 的益生菌，但是試驗池底泥氧化還原電位較對照池的為低 (圖 5-13)，顯示文蛤長得快，吃得較多，應該也產生較多的糞便，因此在底泥也

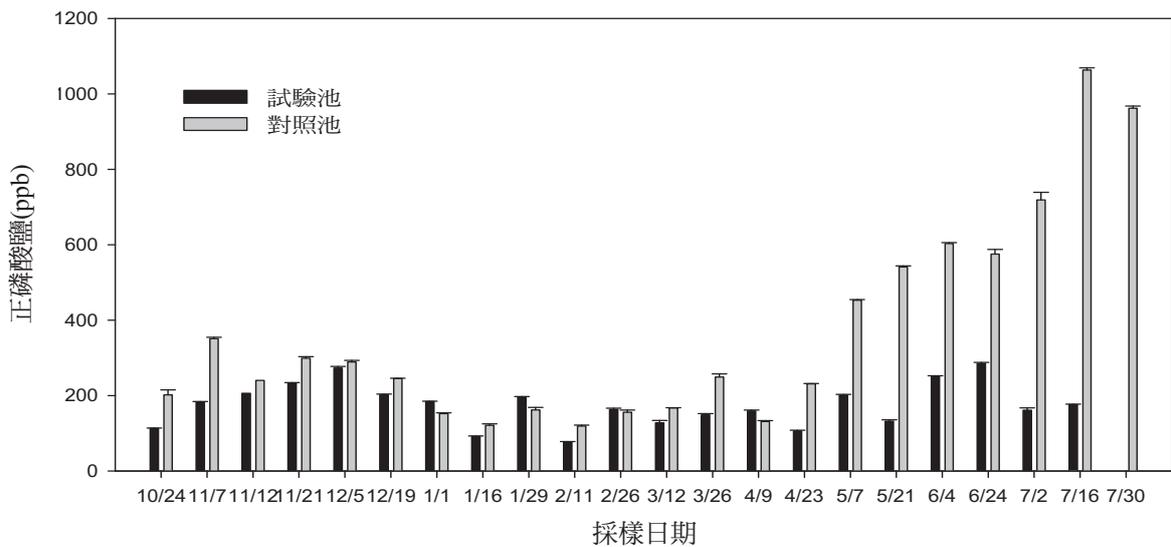


圖 5-11 文蛤養殖業者 B 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 7 月 30 日池水中正磷酸鹽濃度的變化

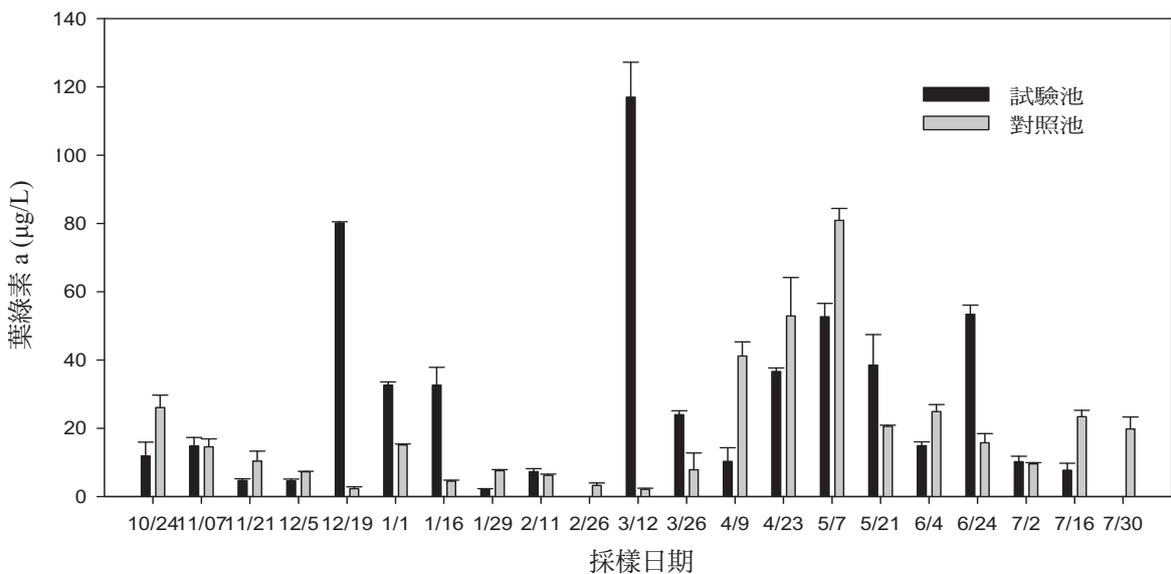


圖 5-12 文蛤養殖業者 B 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 7 月 30 日池水中葉綠素 a 濃度的變化

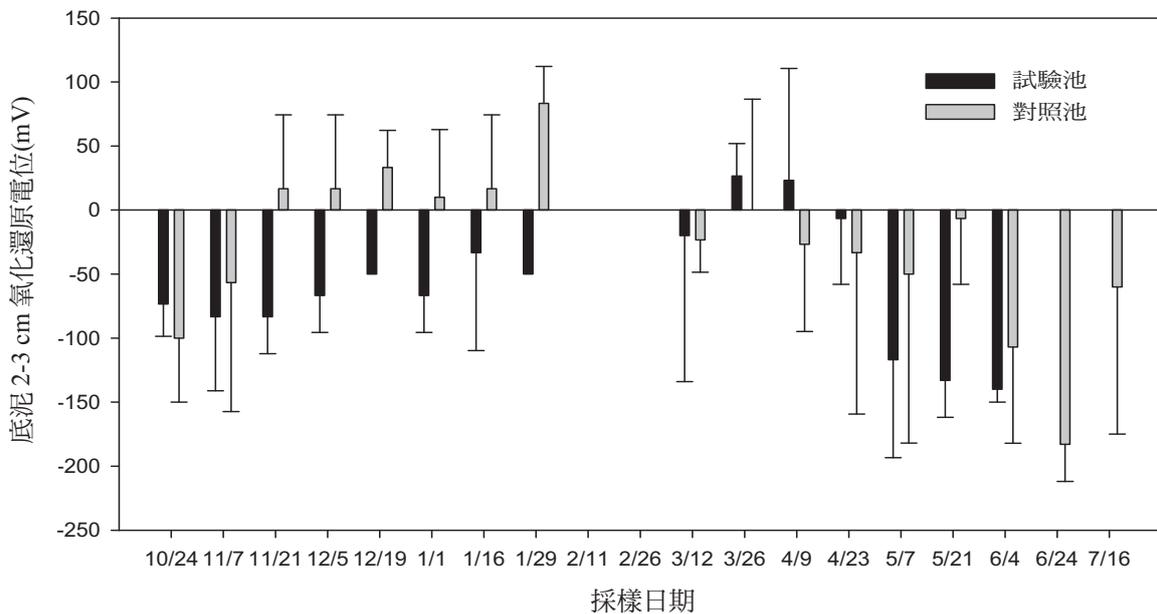


圖 5-13 文蛤養殖業者 B 試驗池和對照池從 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 7 月 16 日底泥氧化還原電位的變化

累積較多的有機物。同時，底泥的氧化還原電位與底泥的通透性也有明顯的正相關，底泥通透性越高，氧化還原電位就會較高。

文蛤輔助飼料在文蛤池田間試驗的例子

例一：養殖業者 A 試驗池面積為 1.4 公頃，飼養期間共投餵 1,700 kg 嘉大文蛤輔助飼料、益生菌活菌和培養基各 228 kg。飼料如以 50 元/公斤計算，需費 85,000 元。益生菌活菌和培養基每公斤分別為 80 元和 40 元，需費 27,360 元。1.4 公頃文蛤池所需嘉大文蛤輔助飼料和益生菌總共需費 112,360 元，換句話說，每公頃文蛤池所需飼料和益生菌的總費用約為 80,000 元。

例二：養殖業者 B 試驗池面積為 1.2 公頃，飼養期間共投餵 2,100 kg 嘉大輔助飼料、益生菌活菌和培養基各 185 kg。飼料如以 50 元/公斤計算，需費 105,000 元。益生

菌活菌和培養基每公斤分別為 80 元和 40 元，需費 22,200 元。1.2 公頃文蛤池所投餵的飼料和益生菌總共需費 127,200 元，換句話說，每公頃文蛤池所需飼料和益生菌的總費用約為 106,000 元。

三、液態飼料

目前文蛤養殖仍以餌料為主，文蛤養殖的飼料成本約佔 32.9—36.7%。文蛤為一種底棲動物且會潛入沙中，利用出入水管濾食水中懸浮物質，藉由鰓絲的過濾與選食，大於 4 μm 的顆粒被文蛤濾食下來的比例最高，而小於 2.5 μm 的顆粒，顆粒的體積愈小，被文蛤濾食的比例則越低，低於 1.5 μm 以下的顆粒，被文蛤濾食的比例幾乎為零。文蛤可攝取的食物種類繁多，如微細藻類、

水溶性或在底部分解的懸浮性有機質、細菌、有機懸浮性顆粒、大型藻類碎屑或孢子、原生動物及浮游動物等。

目前業界養殖文蛤的餌料主要有三類：(1)人工飼料(如魚粉、黃豆粉、文蛤配合飼料、鰻魚配合飼料等)，投餵此類飼料的優點為操作和儲存方便，缺點為飼料顆粒大小不一、懸浮性不一、易沉積而污染底質，而且成本較高；(2)發酵物質或下雜魚漿，發酵物質的優點為不會造成池底累積及成本低廉；缺點為發酵物質與下雜魚漿易有衛生的問題及穩定性不夠，且發酵池佔空間；(3)藻水，藻水具有減少殘餌對池底的污染及節省飼料成本的優點，惟藻相的穩定度不夠。

文蛤輔助飼料之使用不必像一般魚蝦飼料需要日常例行式投撒，完全視池水透明度高而定，且一般文蛤粉狀輔助飼料投撒後，可懸浮在水體中的量不多，懸浮時間短，文蛤直接攝取之量有限，黃等 (2010) 考量現有傳統使用餌料之缺點及配合文蛤攝食之特性，開發具微生物菌體、胺基酸液、動植物性原料及藻類營養源之液態飼料，並與矽藻、魚粉及商業飼料比較其育成結果，在殼長及重量增加方面皆以自行開發之液態飼料最佳，其次為魚粉組、商業飼料組及矽藻膏組。肥滿度及肝醣含量的表現方面以液態飼料組高於其餘各組，其次為魚粉組，最差為矽藻膏組及商業飼料組。文蛤軟體組織之蛋白質含量介於 5.65 – 6.73% 之間，各組活存率在 85.96 – 93.40% 之間且各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)。綜合以上結果，與矽藻、魚粉及商業飼料比較，液態飼

料有其較佳之育成效果。

另，黃等 (2011) 比較兩組自行開發液態飼料 (I、II)、不同蛋白質含量粉料組及商業餌料 (成鰻粉料、文蛤粉料) 對文蛤幼貝養成及上市前品質之影響，在幼貝養成試驗方面，殼長成長及增重率均以液態飼料及成鰻粉料組高，且飼料效率、肝醣、粗蛋白質也以液態飼料、高蛋白質粉料及成鰻粉料組較高。另，取上市前肥滿度較差之大文蛤，比較不同餌料對文蛤品質之差異，試驗結果，文蛤軟體組織之肥滿度、肝醣及蛋白質含量以液態飼料 II、高蛋白質粉料及成鰻粉料組較佳，不投餌組肥滿度、肝醣及蛋白質均較試驗前差。試驗結果顯示無論液態飼料、高蛋白質含量較高的鰻粉組及高蛋白質在稚貝養成方面或上市前育肥方面效果相當，可能與液態飼料其游離胺基酸及有機酸含量較高，可直接被文蛤攝食吸收利用於成長，且液態飼料容易被水溶解再被微細藻類利用，可促進池水藻類增生成，鰻粉料及高蛋白質粉料成分中蛋白質含量較高，利於文蛤吸收利用。在試驗期間發現液態飼料池水藻類濃度較其他各池高出甚多，常高至必須排換水之濃度，餌料使用量可相對減少；粉狀飼料投撒後到藻類濃度明顯增加所需時間較長。

液態飼料含動植物顆粒物質、微生物菌體等可直接被文蛤攝食外，亦含藻類營養源以利藻類增生以達作水之目的，並可促進藻類快速增殖，且懸浮在水體中時間必定較長，增加被文蛤直接攝取之時間，使用上另予均勻稀釋其擴散效果更佳。



第六章 養殖文蛤之疾病

鄧晶瑩¹、朱惠真¹、盧彥伶²、周昱翰³

¹水產試驗所水產養殖組、²嘉義縣家畜疾病防治所、³水產試驗所海水繁養殖研究中心

一、過去對文蛤致死原因之探討分析

許多研究認為國內多年常發生之季節性或偶發性大量斃死發生的原因並非單一原因，而可能是環境因素如溫度、鹽度之突然改變，水質不良如濁度太高或溶氧太低，密度，水污染，赤潮，管理不善，疾病等多種綜合因素而造成。有關前人對國內養殖文蛤疾病的研究及相關文獻資料甚少，也無年度文蛤疾病盛行率之相關研究報告發表，僅有鄭森雄博士於 1975 年證實未處理的工業廢水所引起的水質污染，是牡蠣、文蛤等暴斃的主因。楊等在 1977 年新竹市香山貝類養殖場自發生大量死亡之文蛤中分離到腸炎弧菌 (*Vibrio parahaemolyticus*)，並將分離到之腸炎弧菌進行文蛤接種試驗而證實其為病原性細菌，但腸炎弧菌廣泛存在於海水中，若感染海中生物而造成疾病發生，可能是由於生物生活環境的改變，導致此菌大量的繁殖或生物受到壓迫降低抵抗力所引起；例如溫度變化、海水含鹽度改變或溶氧降低等。

曾文陽於 1974 年臺灣西南沿海一帶養殖場研究養殖文蛤大量死亡及確定病因中

之結論提及會引起大量死亡的原因有：(1)種苗養殖區先天條件不良，後天管理不善；(2)放養密度過高時若環境突變時；(3)海水污染；(4)種苗由於長途搬運與棲息環境之改變，造成放養數日後即開始死亡。曾與陳於 1974 年對鹿港地區養殖文蛤 3-5 月發生大量斃死之研究，認為溫度是影響文蛤成長的重要因素，溫度的激烈變化常是導致文蛤瘦弱與死亡的主要原因。在正常情況下文蛤之肥滿度會隨殼長增加，但殼長越大增加幅度越小，而溫度異常變化時則有相反的現象發生。肥滿度受溫度的影響，1 月最高，4、5 月最低。較大的文蛤比幼蛤能適應高溫環境，但亦無法忍受溫度驟變，而高水溫、低比重就可能是文蛤致命的因素。因此，由觀察歷年文蛤暴斃與其生長情形推斷，文蛤不受冬天低溫影響，生長良好、肥滿度也高。

中國沿海貝類養殖區甚多，1994 年江蘇沿海文蛤大量死亡原因為寄生性橈足類及弧菌感染。2002 年河北省秦皇島區養殖文蛤 3 齡貝出現文蛤紅肉現象，稱之為紅肉症，其病原可能類立克次體 (*Rickettsia*-like organism, RLO) 及 3 種病毒 (球型病毒、herpes-like virus、aquareovirus) 混合感染造

成大量死亡。2009 年江蘇呂泗發病文蛤死亡原因研究，經由組織病理學及人工接種試驗結果，認為主要致病菌是哈維氏弧菌 (*V. harveyi*)。2010 年江蘇啟東文蛤大面積死亡原因調查，結果經由電子顯微鏡診斷可能是球形病毒導致。鄭 (2007) 研究文蛤疾病與環境之關聯性，認為造成養殖貝類嚴重死亡的重要原因有海洋污染、氣候影響、各種敵害和赤潮等。綜合而論其將死亡原因分為非生物性疾病和生物性疾病，在生物性疾病部分認為引起貝類死亡的病原生物主要有：病毒、細菌、寄生原蟲、類立克次體、類披衣菌等。在病毒性疾病部分，主要是類疱疹病

毒，會引起皺紋盤鮑幼鮑大量死亡的球狀病毒等。

二、原蟲性疾病

所謂原蟲是指其為單一細胞所組成的個體，可行有性的結合生殖及無性的分裂生殖，因其個體十分微小需借助顯微鏡才能觀察其形態特徵。歸屬於原蟲動物界，其種類甚多，有的是共棲常在性，有的則具傳染性，一般海水養殖池較常見的大多是屬於纖毛蟲門下之斜管蟲、車輪蟲、海水白點蟲、杯狀蟲及鐘形蟲等原蟲 (圖 6-1)。大多數魚

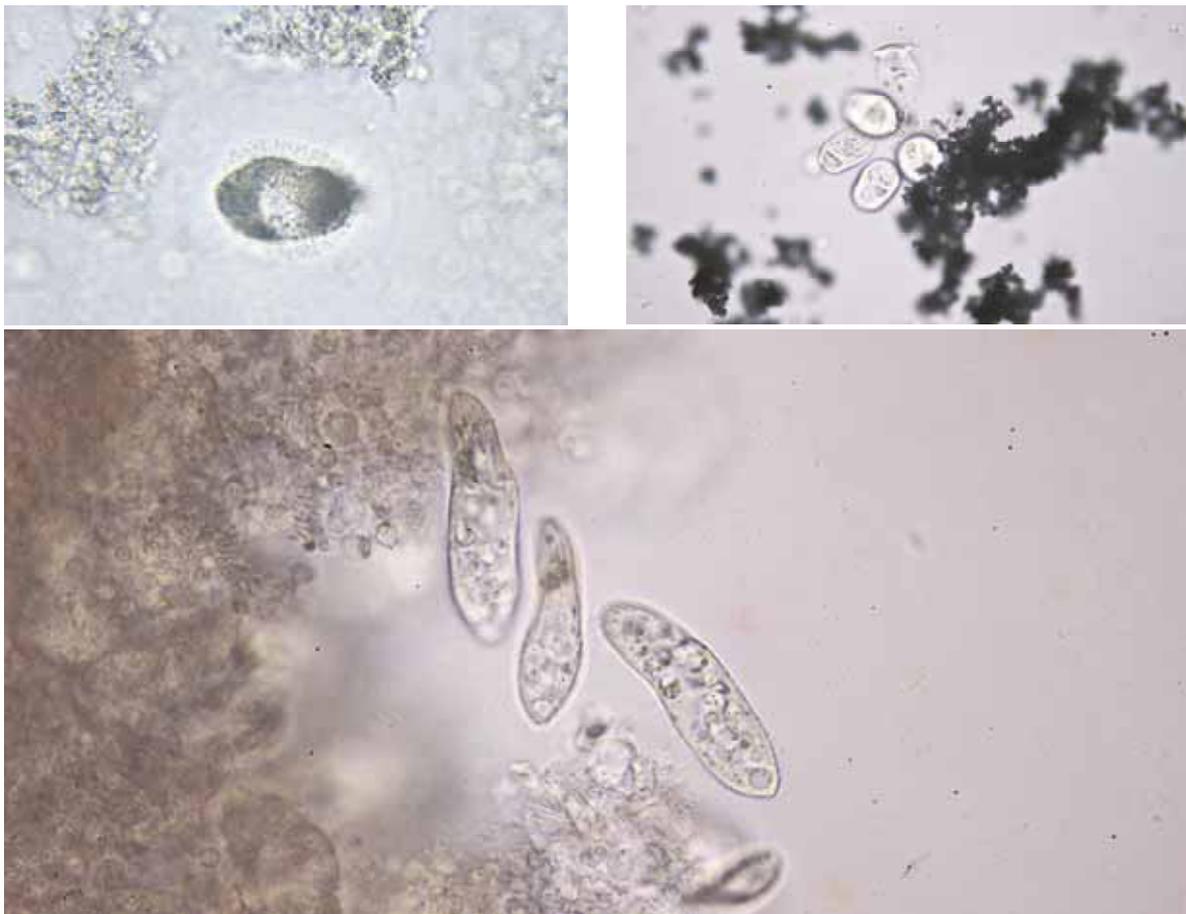


圖 6-1 文蛤養殖池常見不同種類之原蟲(左上：纖毛蟲(疑似白點蟲)；右上：鐘形蟲；下：纖毛蟲類)

隻多少皆有寄生蟲寄生，數量少時只造成少許的病理變化，並不影響魚隻的生存或危害健康，但於密集式養殖，因環境的影響，寄生蟲容易大量滋生而造成病害，如鐘形蟲、白點蟲等。養殖環境的水質也會導致寄生蟲是否大量繁殖，在高密度養殖情形下，若池底有機質的持續累積，溶氧不足等皆易造成許多原蟲類寄生蟲的大量滋生繁殖，如車輪蟲、斜管蟲等。季節水溫的變化對寄生蟲的孳生及傳播影響甚鉅，例如白點病易發生於春秋水溫劇變時，而體表受傷、健康狀況不佳或營養不良的魚隻常會被鐘形蟲或斜管蟲所附著。現今文蛤養殖池皆為魚、貝或蝦之混養方式養殖，文蛤鰓絲及外套膜常見有原蟲類之寄生蟲附著，現今對文蛤所造成之危害並不清楚，但寄生部位所造成的傷口而造成細菌性二次感染，則可能是致病性病原菌感染的途徑之一是已被實驗所證實。

三、寄生蟲性疾病

1977 年，彰化地區曾經發生養殖文蛤無法潛沙而遷移至沙面上生活的狀況，這些文蛤都是體輕肉薄，看來就是發育不良的樣子。如果剖開文蛤檢查，可以在消化腺上看到許多條蟲球狀幼蟲的小白點，經由消化道、鰓或出入水管到達寄生部位。雖然這種條蟲幼蟲對人體健康無害，但大量寄生會對文蛤組織產生壓迫及破壞，使其無法潛沙而易被食肉性魚類捕食，進而在魚體內完成條蟲生活史。經常撈除沙面上的文蛤或避免掠食性魚類侵入，便可以打斷條蟲生活史而達

到防治的目的。

四、細菌性疾病

早在 60 年代，即有雙殼類病例報告指出，細菌性疾病會影響不同發育階段的雙殼類，尤其容易感染幼貝並造成嚴重死亡。這些細菌大部分屬於弧菌屬細菌，如溶藻弧菌、鰻弧菌 (*V. anguillarum*)、*V. tubiashi* 與其他種類弧菌、假單胞菌屬 (*Pseudomonas* spp.) 和產氣胞菌屬 (*Aeromonas* spp.)，Tubiash (1960) 和 Elston et al. (1980) 在太平洋牡蠣 (*Crassostrea gigas*) 和硬殼蛤 (*Mercenaria mercenaria*) 中描述瀕死幼貝的病徵，並命名為細菌壞死症 (bacillary necrosis)，壞死的特徵在於絨毛上皮細胞的溶解和消失，細菌會沿著內殼和外套膜生長，壞死區內殼表面可見黑色沉積物堆積，臨床上罹病幼貝會出現異常泳姿及下沉後死亡，將分離到的細菌進行接種試驗，接種細菌之牡蠣會在 48 小時後即快速死亡。

(一) 弧菌病(格蘭氏陰性桿菌壞死症)

文蛤細菌性疾病以弧菌病為主，新竹香山地區養殖文蛤大量死亡曾分離出大量弧菌 (楊等，1978)，可見不良細菌或病原性細菌之繁殖可能造成文蛤大量死亡 (圖 6-2 及 6-3)。以臺灣發生大量死亡之養殖文蛤病例中所分離到之細菌相，主要是不同種類之弧菌屬及其他多種細菌如假單胞桿菌、產氣單胞桿菌、泡囊短波單胞桿菌或產黃桿菌等，以弧菌屬以創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、

巴西弧菌 (*V. brasiliensis*)、溶藻弧菌 (*V. alginolyticu*)、*V. chagasii* 及革蘭氏陰性單胞桿菌屬之泡囊短波單胞桿菌 (*Brevundimonas vesicularis*) 及親水性產氣

單胞菌 (*Aeromonas hydrophila*) 最易被分離，其次為產黃桿菌 (*Flavobacterium keshii*)、河口弧菌 (*V. aestuarianus*) 及發光桿菌 (*Photobacterium damsela*) 等次之。



圖 6-2 文蛤因細菌性壞死症而爆發大量死亡



圖 6-3 雲林縣臺西鄉文蛤夏季發生大量漂浮死亡情形(張素容提供)

經由現場監測及檢驗結果發現，多數發病死亡之文蛤養殖池皆呈現水質不良（如氨、亞硝酸濃度增高，尤其是硫化氫的濃度明顯偏高），且在夏季高溫、颱風過後或者季節轉換時期，文蛤死亡率均顯著偏高，如果剛死亡之文蛤即會散發惡臭，肉眼可見到蛤肉變黃或偏紅，伴隨著體液增加之情形（圖 6-4-6-6），則多為細菌性病原感染所引致。更經由動物接種試驗，已確定會對文蛤造成嚴重死亡之病原性的弧菌有創傷弧菌及巴西弧菌，也與近年來許多研究認為造成二枚貝高死亡率之病原除了弧菌外，尚有假單胞桿菌 (*Pseudomonas* spp.) 及沙雷菌 (*Serratia*

spp.) 等結果相符合，面對人類污染海洋及自然環境異常變化而導致細菌變種或基因變異，如何建立新式模場以進行綠化養殖，減少對環境資源依賴及降低對海洋污染，將是人類未來的新思維及挑戰。最近導致太平洋牡蠣發生“夏季死亡”的現象也被懷疑與弧菌感染有關。氣候變遷、海洋暖化和外來物種入侵可能更有助於病原菌的傳播，所以弧菌屬亦被認為是引發養殖雙殼類疾病的主要病原菌（圖 6-7）。因此，通過深入的研究，以瞭解弧菌與水產生物之間的相互作用及可能對養殖造成之風險，是目前迫切的課題。



圖 6-4 發病蛤外殼粗糙、髒污、蛻皮及出現裂溝(箭頭所示)現象



圖 6-5 文蛤感染弧菌後呈現蛤肉萎縮及顏色異常現象



圖 6-6 感染弧菌之文蛤內殼壁呈現凹凸不平及黑色素附著



圖 6-7 致病性 *Vibrio vulnificus* (創傷弧菌)在血液培養基與弧菌培養基(TCBS agar)上之菌落型態

(二) 類立克次體感染

立克次體微生物主要感染二枚貝鰓或消化道的上皮細胞，極少數會感染腎臟的上

皮細胞及血球細胞。根據調查指出，殼長在 1.5 cm 以下之文蛤受感染的比率很高，約 90%，而殼長在 3 cm 以上的文蛤檢出感染

率較低，約 30%，由此顯示隨著文蛤的成長，對類立克次體菌的抵抗力會增強（溫等，1993；Wen et al., 1994）。由於立克次體寄生會造成鰓組織被破壞，文蛤稚貝對於養殖環境的變化會更敏感，如水質一旦惡化，池貝就有可能大量死亡。病原體感染後，貝類本身對抗環境變化的能力降低，由於其鰓及消化腺都是重要的器官，這些器官遭立克次體大量寄生後功能失常，文蛤很快的就會死亡（圖 6-8）。目前感染文蛤之立克次體無法確定種類，以類立克次體稱之，其生活史、寄主範圍或傳染途徑也都不甚了解，故

養殖池應做好整池、清池之工作，避免傳染。

(三) 環境因子對病原菌之影響

因農曆 3、6、9 月常發生文蛤異常死亡情形，發現死亡現象與季節性變化應有相關性。

1. 溫度對病原菌之毒力影響

為確認溫度對養殖文蛤之死亡是否有直接關係，將文蛤接種 10^7 CFU/ml 之 *V. vulnificus* 菌液後，分別放置於 28°C 及 35°C 觀察死亡情形，28°C 時之半致死時間 (LT₅₀) 是 96 小時，35°C 時 LT₅₀ 為 18 小時，

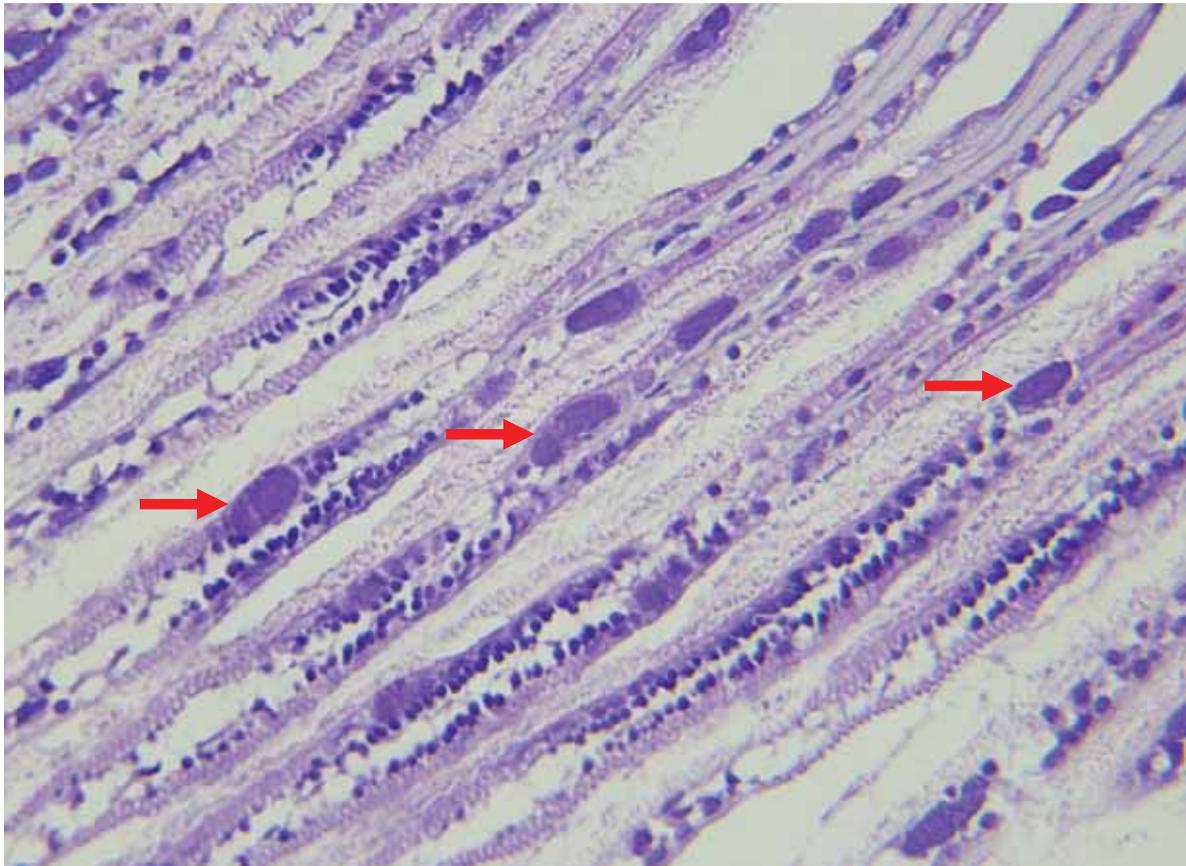


圖 6-8 文蛤類立克次體(RLO)感染症(鰓，H&E stain，400X)

實驗結果證實在含有相同的病原菌濃度的條件下，水溫升高會加速養殖文蛤的死亡，發病蛤之組織病理變化則證實水溫升高對細菌增殖及毒力增強有明顯影響，應是導致養殖文蛤於高溫期大量死亡的主因。

2. 硫化氫在不同溫度下對文蛤毒力影響

國內外有關硫化氫對水生動物之毒性試驗皆較偏重魚類，貝類之相關報告則極少，因此不同貝類間的硫化氫致死濃度是否有差異也不得而知。郭和周 (1988) 曾測試不同環境下硫化氫對文蛤的毒性，認為硫化氫於 15–20 psu 鹽度下、酸鹼值 7.5–8.5 或水溫超過 25°C 以上時，其 96 小時累積死亡率最高，且其毒性與溫度因子最為相關。因多篇文獻經實驗證明，溫度對硫化氫之毒性有絕對影響，且以 23–25°C 為區隔，超過 25°C 時即使得硫化氫毒性大增。而在無細菌感染情形時，硫化氫之濃度要很高才會造成文蛤死亡。

因此，檢測野外發病養殖池水中之硫化氫增高至 0.5 ppm 時，文蛤會出現生長遲緩，而增加到 0.8 ppm 則有發生死亡情形。監測現場發病養殖池環境因子中之硫化氫增高至 0.5 ppm 時，文蛤會出現生長遲緩，而增加到 0.8 ppm 則有發生死亡情形，因此以 0.3–0.5 及 0.5–0.8 ppm 硫化氫兩種濃度測試不同溫度下硫化氫對文蛤的毒性試驗，結果在 23°C 及 28°C 兩種溫度下 28°C 之 LT_{50} 為 52 小時，23°C 之 LT_{50} 超過 96 小時，由病原菌接種及硫化氫浸泡試驗更加證明高溫是造成文蛤緊迫並加速引致死亡的重要原因之一。

五、病毒性疾病

貝類與魚類同屬高經濟效益生物，因此相關養殖技術及一般性疾病的研究相當豐富，唯病毒的研究則為較弱的一環，自 1983 年起羅竹芳等人，即嘗試以電子顯微鏡切片觀察臺灣貝類病毒感染狀況，結果發現臺灣貝類確有疑似病毒的存在。周等將採自嘉義及彰化地區鰓部組織出現潰爛變黑病變之文蛤，以吳郭魚卵巢細胞株 (TO-2 細胞) 進行病毒培養而分離出病毒。利用電子顯微鏡觀察分離出病毒之文蛤鰓部組織，發現在壞死細胞質中有病毒聚合體，且鰓細胞大部分都被病毒所侵害，比較 TO-2 細胞中之病毒與文蛤鰓部病毒之形態，二者並無差異，顯示以 TO-2 細胞所分離出之病毒是出現在文蛤潰爛鰓部的病毒，分析該病毒之血清學及生化特性認為該病毒為類 IPN Ab 病毒株，且具有與感染性胰腺壞死病毒 (AB IPNV) 相似的血清學和生物化學性質的白細胞病毒 (Lo et al., 1988; Chou et al., 1994)。以 IPN 病毒之單株抗體羣，分析自臺灣文蛤所分離出之病毒 CV-1, CV-HB-1, CV-TS-1，結果顯示所有文蛤類 IPN 病毒與所採用之單株抗體羣反應型式，都與鰻魚病毒 EVE 相同 (郭等，1989)。

近年來利用魚類的細胞株陸續從養殖文蛤中分離及培養出一些病毒，包括傳染性胰臟壞死病毒 (此病毒會感染養殖魚類) (Lo et al., 1988)，以及呼吸腸道孤兒病毒，此病毒經病原性試驗有正相關反應 (Chen et al., 1992)。雖然文蛤大量死亡尚未證實為

病毒感染，但病毒性疾病容易造成大規模流行，不易控制，而且有報告指出，水溫、緊迫和重金屬污染，皆能導致低病原性病毒引發文蛤大量暴斃 (Chou et al., 1994)。

養殖期間若遇文蛤有死亡情況發生時，必須立即請專家協助診斷，找出致病原因後予以排除，以免情況惡化遭致大量的死亡。發現文蛤有問題時，注、排換水應謹慎為之，避免文蛤遭受緊迫而導致全軍覆沒。

根據以上相關文獻報告及研究樣本採集於中部 4 縣市發生大量死亡之文蛤鰓部組織，曾觀察到有疑似病毒感染所引致之局部輕微的核著邊與嚴重的炎症細胞大量浸潤而導致之爛鰓現象，推論應為 Aquabirnavirus 感染，但以 RT-PCR 方法進

行 marine birnavirus (MABV) 及 Vetek Kit 檢測 MABV 結果皆是陰性。因 Marine birnavirus (MABV) 及 Vetek Kit 檢測 MABV 結果皆是陰性 (表 6-1)，而組織病理切片下曾觀察到疑似桿狀病毒包涵體，因而進行 *Baculovirus penaei* (BP)、*Penaeus monodon baculovirus* (MBV) 檢測及 Vetek Kit 檢測 MABV、MBV、BP、White spot syndrome virus (WSSV) 等病毒，檢測結果仍為陰性。但因國內九孔曾經爆發過鮑疹病毒，故嘗試以 Vetek Kit 之 Oyster herpesvirus 1 (Oshv-1) 檢測文蛤是否可能遭受鮑疹病毒，檢測結果同樣為陰性。許多文獻報告認為二枚貝若感染 aquabirnavirus 通常是無症狀的，因為貝類多為病毒的攜帶者或載體，因此病毒常經由常規的病毒篩選檢查而被

表 6-1 2015-2017 年採集疑似病毒感染之病蛤樣本 94 例進行病毒檢測，結果皆為陰性

| | sample | positve | negative | source |
|---|--------|---------|----------|-----------------------|
| Marine birnavirus (MABV)(RNA) | 17 | 0 | 17 | Suzuki, 1997 |
| <i>Baculovirus penaei</i> (BP)(DNA) | 17 | 0 | 17 | 水生動物疾病診斷輔助系統 |
| <i>Penaeus monodon baculovirus</i> (MBV)(DNA) | 17 | 0 | 17 | 水生動物疾病診斷輔助系統 |
| Oyster herpesvirus 1 (Oshv-1)(DNA) | 88 | 0 | 88 | Renault, 2000 |
| Marine birnavirus (MABV)(RNA) | 94 | 0 | 94 | VetPCR™ Detection Kit |
| White spot syndrome virus (WSSV)(DNA) | 94 | 0 | 94 | VetPCR™ Detection Kit |
| <i>Baculovirus penaei</i> (BP)(DNA) | 94 | 0 | 94 | VetPCR™ Detection Kit |
| <i>Penaeus monodon baculovirus</i> (MBV)(DNA) | 94 | 0 | 94 | VetPCR™ Detection Kit |

分離出來。Suzuki et al. (1999) 之研究結果認為 MABV 屬於機會性病原，雖會持續感染多種海洋生物，但只有在緊迫因子出現時才會引起宿主死亡。此種情形則與國內過去的每年農曆 3、6、9 月氣候變化時，即發生大量死亡可能有密切關係。目前在國內所發現之貝類病毒僅限於 IPN 病毒、呼腸孤病毒及九孔的疱疹病毒，此發現與國外報告顯示貝類可被多種病毒侵害，而且大多具有病原性的結果截然不同。環境緊迫因子已證實會危害魚體的免疫系統功能，因此當魚體處於環境驟變之緊迫下，病原體之致病力會增高而造成爆發疾病之結果，相同的現象是否也會發生在養殖文蛤上，因此才造成季節性不明原因之大量死亡。水產試驗所在過去的研究中，已證明緊迫因子與細菌性病原共同作用會造成文蛤致病率及死亡率的升高。依據國內目前水產動物用藥品規範，貝類或有貝類混合養殖之水產動物皆不可使用藥物進行治療，因此水產益生菌的適當使用就變成是唯一可替代抗生素及化學藥劑應用於疾病爆發時之緊急處理方式。目前常用於水產養殖的益生菌，其主要功能包含增加或刺激細胞性免疫、與病原菌產生競爭性排斥作用、抗病毒作用、改善水質、減少抗生素使用及增加營養與改進飼料消化性等特性。現今水產益生菌種類繁多且價格不一，但是許多益生菌之作用機制仍不明確，如何使用不同種類之益生菌應用在不同養殖階段之文蛤，以達到有效改善養殖環境、增加抗病能力、降低養殖生物疾病之發生及降低死亡率的功效。此外，更須確定的是這些益生菌除

了對宿主無害外，更可符合綠色養殖概念也不會造成環境的污染，未來應可更深入研究是否可建立一些簡易有效之判別方法，以利養殖漁民評估益生菌使用種類及其效益。

六、其他有害生物

(一) 螺

貝類種苗培育池中，常常會出現大量的釘螺 (圖 6-9)、椎實螺，牠們不但與蛤苗爭食，還大量消耗水中溶氧，除了會捕食部分種苗，還成為不少寄生蟲的宿主，通過牠們傳播多種疾病。釘螺、椎實螺在種苗培育池中的大量出現，大大地降低了蛤苗的活存



圖 6-9 釘螺吸附於文蛤外殼上引起文蛤死亡

率。其他有害螺類（如肉螺）為文蛤養殖之大敵害，此螺潛入沙中伸展其腹足，其伸展的幅度可為本身體積之 3-4 倍，可將文蛤輕易包覆其中；文蛤被肉螺包圍後開始分泌一種特殊之酸性物質將文蛤外殼穿孔，約 1 星期後文蛤體內之組織、體液被其吸收殆盡而死亡。當肉螺潛行於泥沙中會留下痕跡，故可根據此一痕跡將其捕捉後消滅。

(二) 水母

根據環境資訊中心的研究，全球暖化長久以來被認為是造成全球性的水母數量增加的原因水母吃下大量的浮游生物，而這些浮游生物是小魚賴以為生的食物。許多因素造成水母大量增加的原因，包括氣候變化、過渡捕撈、和農業肥料污染水源。水母適應

能力極佳，任何水域皆有可能發現牠的行蹤。水母是個被動性生物，通常以藻類為食，但也有少部分肉食性水母會在夜間 8-12 時以小魚及浮游生物為食。在韓國因為海月水母 (moon jelly fish) 與越前水母 (Nomura's giant jelly fish) 大量異常繁殖，造成箱網養殖的魚類大量死亡。

(三) 藤壺

藤壺 (圖 6-10) 常附著在港口的木樁、水泥及其他水中建築物上，也會附著在海底電纜上，使電纜過重而斷裂。附著在發電廠的進水管及水中柵欄上的藤壺會嚴重影響電廠冷卻水的進入，常常造成很大的危害。藤壺也會附著在海龜及鯨魚的身上，影響牠們的游泳速度，甚至造成死亡。



圖 6-10 大量藤壺繁生與文蛤競食

(四) 似殼菜蛤

近年業者反應及媒體報導，雲林縣臺西與口湖地區的文蛤養殖魚塭中的似殼菜蛤 (*Mytilopsis sallei*) 與孔雀蛤 (*Perna viridis*) 的數量暴增，嚴重影響文蛤的養成。這兩種貝類為文蛤天敵，孔雀蛤進食力強，易與文蛤爭食，造成成長率下滑；似殼菜蛤則是會以足絲吸附在文蛤外殼 (圖 6-11)，導致文蛤難以吸收養分，最後因無法進食而暴斃。

(五) 蟹類

石蟹等蟹類在文蛤池中會捕食文蛤，應防止彼等混入養殖池中，或在養殖池中混養少量石斑魚，可降低文蛤池中之蟹類數目。

(六) 絲藻

池中如有絲藻等藻類大量繁生時 (圖 6-12)，可適量放養虱目魚、金錢魚、臭肚魚等草食性魚類抑制之，避免影響微細藻類的正常繁殖。



圖 6-11 似殼菜蛤吸附文蛤外殼引致文蛤死亡



圖 6-12 絲藻繁生引致文蛤因缺氧而大量死亡

七、水質與底質之惡化

養殖密度過高與混養過量易造成投餌量與污染物增加，養殖環境將會快速的惡化。養殖密度過高，飼料使用量控制不當，造成文蛤緊迫性過大，導致成長緩慢、體質虛弱，易遭細菌、病毒感染，確發生大量死亡。養殖末期，文蛤接近收成規格時，餌料需求量大增，業者往往投飼過量造成底質與水質惡化，引發大量死亡（圖 6-13）。由於文蛤習於潛入沙中棲息，因此池底的狀況會直接影響文蛤之成長，亦即底土管理是否妥善與養殖成敗息息相關。硫化氫為劇毒化合物，在文蛤養殖池底中的含量當然是越少越好，如何避免硫化氫濃度增高，有下列三種方法：(1)適量投餵，避免殘餌：池底若累積過多的有機物，會分解為含硫化氫、氨、有機酸及甲烷等有毒物質，直接影響文蛤生長及活存。(2)充分曝氧，增加溶氧量：池水充分曝氧可增加溶氧量，也是防止硫化氫

含量過高最有效的方法。因為高溶氧量可消耗硫化氫，並可抑制硫酸鹽還原菌之生長及繁殖，使其無法將硫酸鹽還原成硫化氫。(3)定期換水：定期換水不僅可改善水質，使池水中有害污染物濃度降低，若是引進之新水中含有礦物離子，亦可與硫化氫作用產生無毒性的黑色硫化物沉澱，如此即可降低硫化氫濃度，淨化水質。透過上述方法不僅能降低池底中的硫化氫含量，也能減少文蛤生長時可能遭受的緊迫，改善文蛤生長的環境。所謂養魚先養水，治病先治環境，有效降低池底有機物所造成之危害，才能減少養殖文蛤因環境因子異常改變而造成之大量死亡。養殖管理需注重進排換水之水質與水量，以維持良好的養殖環境，必要時可增加供氧設備增加水中溶氧，養殖環境不良時可大量排換水，或使用低濃度的強氧化劑，如過氧化氫，去除有機物，再施用沸石粉，改善底質環境。



圖 6-13 池底底土惡化造成大量硫化氫而出現黑水及腐敗雞蛋之臭味

本所近年在爆發大量死亡現象之文蛤養殖場進行水質檢測時發現 (表 6-2)，當養殖場文蛤出現零星死亡時，其硫化氫值為 0.3–0.5 ppm；開始大量死亡時，則其檢測結果通常都在 0.8 ppm 以上。如果文蛤已感染病原性細菌，當溫度高於 28°C 及硫化氫值介於 0.5–0.8 ppm 之間時，實驗文蛤在 52 小時之死亡率高達 50% 以上。此結果與臺灣養殖文蛤常在季節轉換、氣溫驟升之時，出現大量死亡之情形相似。由疾病盛行率的結果探究水質不良為文蛤死亡最重要之因素 (圖 6-14)，同時也證明若能有效控制水質及養殖密度以降低有害物質排放 (如益生菌之投餵)，應可降低養殖文蛤死亡率及增加收成。現在人類面對污染及自然環

境異常變化而導致細菌變種或基因變異，如何建立新式模場以進行綠化養殖，減少對環境資源依賴及降低對海洋污染，將是人類未來新思維及挑戰。

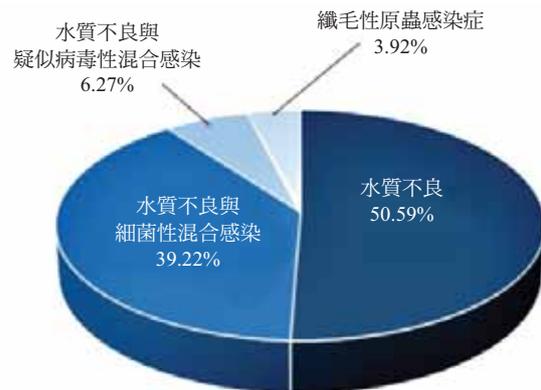


圖 6-14 文蛤死亡的主要因素

表 6-2 雲林臺西及嘉義布袋文蛤養殖之水質檢測與成長關係

| 檢測項目 | 雲林臺西 | | | 嘉義布袋 | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 正常池 | 成長不佳 | 生長遲緩 | 正常池 | 成長不佳 | 生長遲緩 |
| pH | 8.02 | 7.48 | 7.67 | 7.31 | 7.11 | 7.04 |
| 鹽度(psu) | 24 | 24 | 31 | 30 | 31 | 19 |
| 氨(ppm) | 0.11 | 0.7 | 0.36 | 0.08 | 0.31 | 0.86 |
| 亞硝酸(ppm) | 0.03 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.06 | 0.07 |
| 硫化物(ppm) | 0.05 | 0.27 | 0.51 | 0.05 | 0.31 | 1.51 |
| PO ₄ (ppm) | 0.31 | 0.26 | 0.45 | 0.27 | 0.34 | 0.43 |
| Zn (ppm) | 2.97 | 3.34 | 4.4 | 6.44 | 6.7 | 4.05 |
| Cu (ppm) | 0.02 | 0.24 | 0.37 | 0.13 | 0.32 | 0.81 |
| Fe ²⁺ (ppm) | 0.15 | 0.16 | 0.87 | 0.18 | 0.53 | 0.65 |

註：水質檢測結果顯示大量死亡文蛤養殖池之總氨及硫化物濃度皆於 2-3 ppm 以上，零星死亡之文蛤養殖池其總氨及硫化物濃度則介於 1-2 ppm，生長停滯或停止進食之文蛤池總氨及硫化物濃度則介於 0.5-1 ppm



第七章 文蛤養殖成本分析

黃振庭

國立臺灣海洋大學水產養殖學系

養殖漁業不僅是生物性議題，經濟性議題探討也是相當重要的一項環節。莊 (2013) 指出，我國文蛤養殖，在生產與需求上大致維持平衡，產地售價多只出現季節性漲跌，仍在生產者的預期。然而，近年臺灣文蛤養殖因養殖管理及氣候變遷等因素，產業遭受前所未有的衝擊，因此，除養殖管理技術需因時因地適當調整，經濟層面亦需透過產業現況解析及生產經濟分析，以釐清我國影響文蛤養殖產業獲利之關鍵因素。

一、文蛤產業概況

為因應全球暖化導致氣候變遷，養殖漁業在國際間逐漸興起貝類及藻類養殖，除可

滿足消費需求，也有助於降低大氣中二氧化碳的含量。國際間貝類養殖種類繁多，但文蛤品項還是以亞洲地區為主要產區，根據聯合國糧農組織 (FAO) 統計 2003-2016 年全球文蛤產量，介於 23,513-64,060 公噸，其中主要產區為臺灣，臺灣文蛤養殖年產量約佔全球養殖產量九成五以上 (圖 7-1)。

二、臺灣文蛤生產經濟調查

本文於 2017 年展開文蛤養殖生產經濟調查，針對彰化、雲林、嘉義及臺南等文蛤主要生產區域，合計調查 68 戶養殖業者，問卷內容包含養殖過程之生物性資料及經濟性資料，資料蒐集後彙整，將文蛤養殖樣

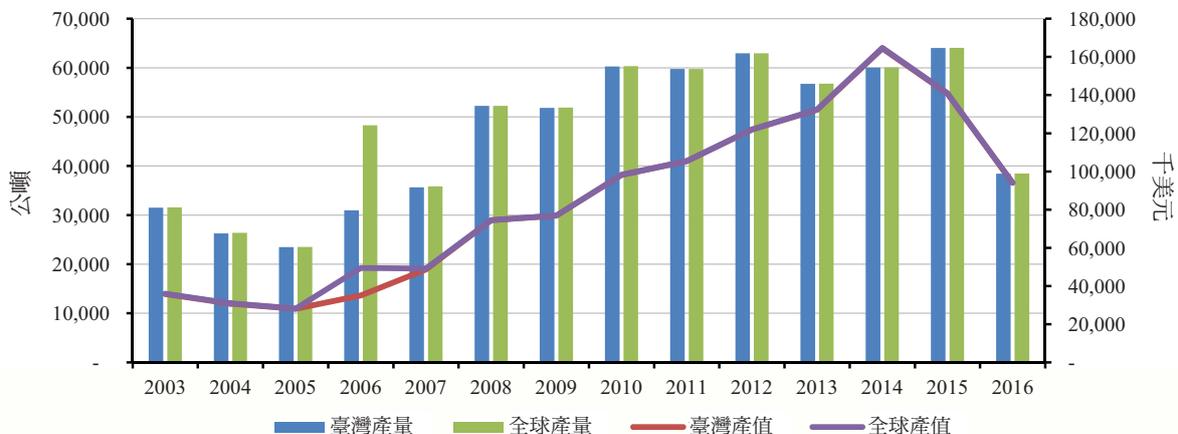


圖 7-1 2003-2016 年全球及臺灣文蛤養殖產量產值(資料來源：聯合國糧農組織(FAO)、漁業統計年報)

本資料區分為地區別及活存率別，探討不同地區及活存率高低對生產經濟之差異。

(一) 材料與方法

1. 問卷設計及調查

本文針對文蛤養殖之產業特性，以 2017 年之文蛤一養殖週期做為調查週期，設計問卷並進行實地訪查，以了解養殖產業的成本投入及經營效益。

2. 變數選定及生產經濟分析

將問卷調查資料經過初步彙整，藉以統整各養殖場經營狀況，分析影響其生產成本之關鍵因素。

(1) 生產變數選定：

各項變數以一養殖週期做為資料蒐集間距，生產成本變數包含種苗、飼料、水電、人事（全職及臨時）及其他（包含設備維護、租金、保險、運費及耗財等）變動成本（直接成本）等。成本投入變數分為兩大類：

A. 單位成本投入密度變數群：一養殖週期，單位養殖面積的各項變數成本投入。單位各項成本投入密度（元/公頃）= 各項成本(元) ÷ 養殖面積（公頃）。

B. 單位生產成本投入變數群：一養殖週期，每生產 1 kg 文蛤的各項成本投入變數。單位各項成本（元/公斤）= 各項成本（元）÷ 產量（公斤）。

獲利變數群包括總收益、淨收益及益本比，總收益係指養殖業者養殖物種達上市規格後銷售所獲得之總收入；淨收益為總收益扣除總成本投入；益本比為淨收益除以總成本，代表投入一單位成本投入所能獲得之利潤，當益本比大於 1 表示有利潤，等於

1 表示收支平衡，小於 1 則為虧損。

A. 單位養殖面積總收益（元/公頃）= 總收益（元）÷ 總養殖面積（公頃）。

B. 單位養殖面積淨收益（元/公頃）= 淨收益（元）÷ 總養殖面積（公頃）。

C. 益本比 = 淨收益（元）÷ 總成本（元）。

(2) 生物性變數選定：

生物性變數選定放養密度、活存率及養殖週期，了解各生物性變數對投入與產出的影響。

A. 放養密度（粒/公頃）= 放養量(粒)/養殖面積（公頃）。

B. 活存率（%）= [收穫量(粒)/放養量(粒)] × 100%。

C. 養殖週期（月）= 種苗放養後至上市規格所需時間（月）。

3. 建立標的物種生產經濟模型

根據問卷調查結果，藉由生物性資料及經濟性資料，估計單位各項投入係數，包含單位種苗、飼料、人事、水電及其他成本等係數，投入係數藉由各樣本戶之放養量及總樣本戶放養量進行加權，建立生產經濟量化模型，再套疊當年度各項單價，用以估算當年各項成本投入及總生產成本投入等資訊。各物種之生產經濟模型建立如下：

(1) 成本投入變數模型：

單位生產成本投入模型

$$UIC_t = \alpha_t^u A_t + \beta_t B_t + \gamma_t^u C_t + \delta_t^u D_t + \varepsilon_t^u E_t + M_t^u \dots\dots\dots(1)$$

單位成本投入密度模型

$$IIC_t = \alpha_t^i A_t + \beta_t B_t Q_t + \gamma_t^i C_t + \delta_t^i D_t + \varepsilon_t^i E_t + M_t^i \dots\dots\dots(2)$$

| 變數名稱 | 代號 | 單位 |
|------------|------------------------------------|-------|
| 單位生產成本投入 | UIC_t | 元/公斤 |
| 單位成本投入密度 | IIC_t | 元/公頃 |
| 單位種苗生產投入 | $\alpha_t^u; \overline{UFRY}$ | 粒/公斤 |
| 單位種苗成本投入密度 | $\alpha_t^i; \overline{IFRY}$ | 粒/公頃 |
| 當期種苗單價 | A_t | 元/粒 |
| 餌料係數 | $\beta_t; \overline{UFCR}$ | |
| 當期飼(餌)料單價 | B_t | 元/公斤 |
| 當期單位產量 | Q_t | 公斤/公頃 |
| 單位全職人力生產投入 | $\gamma_t^u; \overline{UFLA}$ | 人/公斤 |
| 單位全職人力投入密度 | $\gamma_t^i; \overline{IFLA}$ | 人/公頃 |
| 當期全職人力平均薪資 | C_t | 元/人 |
| 單位臨時人力生產投入 | $\delta_t^u; \overline{UPLA}$ | 人次/公斤 |
| 單位臨時人力投入密度 | $\delta_t^i; \overline{IPLA}$ | 人次/公頃 |
| 當期臨時人力平均薪資 | D_t | 元/人次 |
| 單位水電成本生產投入 | $\varepsilon_t^u; \overline{UELE}$ | 度/公斤 |
| 單位水電成本投入密度 | $\varepsilon_t^i; \overline{IELE}$ | 度/公頃 |
| 當期電價 | E_t | 元/度 |
| 單位其他成本生產投入 | M_t^u | 元/公斤 |
| 單位其他成本投入密度 | M_t^i | 元/公頃 |

(二) 臺灣文蛤養殖生產經濟

1. 文蛤養殖區域別統計資料

根據區域別統計資料顯示，臺南地區平均放養密度最低 (919 千粒/公頃)、活存率最高 (56%)、養殖週期較短 (10 個月)，由於該區放養規格較大 (746 粒/斤)，讓文蛤能較快達到上市體型，縮短時間週期，並提高活存率，降低了臺南地區每公斤 (61.6 元/公斤) 及每公頃 (315.4 千元/公頃) 的生產總成本。另外，彰化地區放養密度最高 (1,632 千粒/公頃)、養殖週期拉長 (13 個月)，故增加養殖風險，普遍活存率偏低 (33%)，導致該區每公斤總成本 (85.1 元/公

斤) 及每公頃總成本 (392.6 千元/公頃) 均較各地區高 (表 7-1-7-3)。

2. 文蛤養殖活存率統計資料

藉由活存率統計資料顯示，活存率 30% 以下的養殖戶，普遍放養規格較小 (1,032 粒/斤)、且放養密度最高 (1,682 千粒/公頃)，相較之下文蛤育成率也偏低，平均生產成本為 139.0 元/公斤；活存率介於 50-89% 間，平均生產成本最低，每公斤約 45-50 元成本，活存率超過九成以上，平均放養 400 粒/斤的大苗，且放養密度低 (1,055 千粒/公頃)，種苗成本投入密度隨著活存率增加，降低其種苗生產費用 (表 7-4-7-6)。

3. 獲利能力統計

區域別獲利能力統計顯示，臺灣平均文蛤每公頃產量 13,891 公斤，嘉義地區產量最高 17,611 公斤/公頃，臺南地區最低 8,976 公斤/公頃，與放養初期之總放養量有關。2017 年由於文蛤產量銳減，銷售單價較往年

高，平均銷售單價 106 元/公斤。臺南平均單價 123 元/公斤，原因為臺南有一戶養殖業者，擁有自有品牌及通路，價格比透過盤商銷售高出甚多，因而拉高整體平均值。全臺平均總收益 633 千元/公頃、淨收益 300 千元/公頃、益本比 1.1，代表投入 1 元生產成本，

表 7-1 文蛤養殖區域別生物性變數統計分析

| 區域別 | 樣本數 | 養殖面積 | | 放養規格 | | 放養密度 | | 活存率 | | 養殖週期 | |
|------|-----|------|-----|------|-----|-------|-------|-----|-----|------|-----|
| | | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 |
| 彰化 | 17 | 2.0 | 1.5 | 864 | 489 | 1,632 | 1,148 | 33 | 18 | 13 | 5 |
| 雲林 | 29 | 2.8 | 2.1 | 885 | 305 | 1,223 | 432 | 50 | 23 | 12 | 4 |
| 嘉義 | 12 | 2.9 | 2.3 | 730 | 297 | 1,160 | 383 | 47 | 18 | 11 | 3 |
| 臺南 | 10 | 1.5 | 0.8 | 746 | 689 | 919 | 280 | 56 | 28 | 10 | 2 |
| 臺灣全區 | 68 | 2.4 | 1.9 | 832 | 423 | 1,269 | 694 | 46 | 23 | 11 | 4 |

單位：養殖面積(公頃)；放養規格(粒/斤)；放養密度(千粒/公頃)；活存率(%)；養殖週期(月)

表 7-2 文蛤養殖區域別單位生產成本投入分析

| 區域別 | 樣本數 | 種苗成本 | | | 飼料成本 | | | 水電成本 | | | 全職人事成本 | | |
|------|-----|--------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|-------|
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 |
| 彰化 | 17 | 29.2 | 25.8 | 34.2% | 6.6 | 9.7 | 7.7% | 12.7 | 12.3 | 15.0% | 16.1 | 10.2 | 18.9% |
| 雲林 | 29 | 26.3 | 23.4 | 31.1% | 10.7 | 11.8 | 12.6% | 12.5 | 19.5 | 14.8% | 13.9 | 7.0 | 16.4% |
| 嘉義 | 12 | 27.8 | 33.9 | 45.8% | 6.6 | 8.3 | 10.9% | 3.5 | 2.1 | 5.7% | 9.0 | 2.7 | 14.9% |
| 臺南 | 10 | 20.9 | 14.4 | 33.9% | 6.0 | 5.9 | 9.8% | 2.8 | 2.4 | 4.5% | 11.8 | 12.4 | 19.1% |
| 臺灣全區 | 68 | 26.5 | 24.7 | 34.3% | 8.3 | 10.0 | 10.7% | 9.6 | 14.7 | 12.4% | 13.3 | 8.5 | 17.2% |
| 區域別 | 樣本數 | 臨時人事成本 | | | 其他成本 | | | 總成本 | | | | | |
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| 彰化 | 17 | 15.1 | 17.4 | 17.7% | 5.5 | 11.1 | 6.5% | 85.1 | 60.7 | | | | |
| 雲林 | 29 | 14.1 | 14.9 | 16.7% | 7.2 | 11.7 | 8.5% | 84.8 | 66.8 | | | | |
| 嘉義 | 12 | 10.8 | 7.6 | 17.8% | 3.0 | 4.6 | 4.9% | 60.6 | 45.4 | | | | |
| 臺南 | 10 | 14.5 | 16.3 | 23.6% | 5.6 | 6.2 | 9.0% | 61.6 | 37.9 | | | | |
| 臺灣全區 | 68 | 13.8 | 14.6 | 17.9% | 5.8 | 9.9 | 7.5% | 77.2 | 58.3 | | | | |

單位：元/公斤

表 7-3 文蛤養殖區域別單位成本投入密度分析

| 區域別 | 樣本數 | 種苗成本 | | | 飼料成本 | | | 水電成本 | | | 全職人事成本 | | |
|------|-----|--------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 |
| 彰化 | 17 | 122.3 | 32.3 | 31.2% | 27.3 | 31.1 | 7.0% | 77.9 | 97.0 | 19.9% | 81.0 | 42.1 | 20.6% |
| 雲林 | 29 | 115.2 | 56.0 | 30.8% | 52.9 | 58.1 | 14.1% | 46.2 | 27.9 | 12.4% | 65.9 | 25.7 | 17.6% |
| 嘉義 | 12 | 144.8 | 101.9 | 42.8% | 41.3 | 59.6 | 12.2% | 19.4 | 9.8 | 5.7% | 56.3 | 17.9 | 16.6% |
| 臺南 | 10 | 106.1 | 47.2 | 33.6% | 41.3 | 41.2 | 13.1% | 17.4 | 17.6 | 5.5% | 51.1 | 33.0 | 16.2% |
| 臺灣全區 | 68 | 120.9 | 60.9 | 33.3% | 42.7 | 50.6 | 11.8% | 45.2 | 56.0 | 12.4% | 65.8 | 31.7 | 18.1% |
| 區域別 | 樣本數 | 臨時人事成本 | | | 其他成本 | | | 總成本 | | | | | |
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| 彰化 | 17 | 53.9 | 27.6 | 13.7% | 30.1 | 72.8 | 7.7% | 392.6 | 154.3 | | | | |
| 雲林 | 29 | 57.2 | 41.9 | 15.3% | 36.2 | 65.5 | 9.7% | 373.6 | 128.5 | | | | |
| 嘉義 | 12 | 60.6 | 35.9 | 17.9% | 15.8 | 17.2 | 4.7% | 338.1 | 126.2 | | | | |
| 臺南 | 10 | 67.9 | 62.2 | 21.5% | 31.6 | 27.5 | 10.0% | 315.4 | 148.3 | | | | |
| 臺灣全區 | 68 | 58.5 | 40.8 | 16.1% | 30.4 | 57.1 | 8.4% | 363.5 | 137.4 | | | | |

單位：千元/公頃

表 7-4 文蛤養殖活存率生物性變數統計分析

| 活存率 | 樣本數 | 養殖面積 | | 放養規格 | | 放養密度 | | 養殖週期 | |
|-------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-------|------|-----|
| | | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 |
| 30 以下 | 18 | 2.0 | 1.7 | 1,032 | 643 | 1,682 | 1,170 | 12 | 5 |
| 30-49 | 18 | 2.7 | 2.1 | 759 | 305 | 1,181 | 332 | 12 | 3 |
| 50-69 | 17 | 3.0 | 2.3 | 853 | 245 | 1,103 | 356 | 12 | 3 |
| 70-89 | 11 | 1.9 | 1.1 | 748 | 244 | 1,075 | 261 | 9 | 3 |
| 90 以上 | 4 | 1.9 | 0.7 | 400 | 231 | 1,055 | 227 | 12 | 3 |
| 臺灣全區 | 68 | 2.4 | 1.9 | 832 | 423 | 1,269 | 694 | 11 | 4 |

單位：活存率(%)；養殖面積(公頃)；放養規格(粒/斤)；放養密度(千粒/公頃)；養殖週期(月)

表 7-5 文蛤養殖活存率別單位生產成本投入分析

| 活存率 | 樣本數 | 種苗成本 | | | 飼料成本 | | | 水電成本 | | | 全職人事成本 | | |
|-------|-----|--------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|--------|------|-------|
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 |
| 30 以下 | 18 | 51.2 | 36.6 | 36.9% | 12.0 | 14.9 | 8.6% | 14.5 | 24.0 | 10.5% | 21.4 | 10.4 | 15.4% |
| 30-49 | 18 | 21.2 | 7.5 | 31.1% | 4.4 | 4.3 | 6.5% | 12.1 | 13.1 | 17.8% | 13.2 | 5.8 | 19.4% |
| 50-69 | 17 | 15.6 | 8.4 | 34.8% | 5.1 | 6.5 | 11.4% | 5.5 | 4.4 | 12.2% | 9.6 | 5.6 | 21.3% |
| 70-89 | 11 | 12.8 | 3.9 | 25.9% | 13.1 | 9.5 | 26.5% | 5.0 | 5.6 | 10.2% | 7.6 | 2.5 | 15.3% |
| 90 以上 | 4 | 27.3 | 21.8 | 28.6% | 7.8 | 6.8 | 8.2% | 12.7 | 9.8 | 13.3% | 11.3 | 8.8 | 11.8% |
| 臺灣全區 | 68 | 26.5 | 24.7 | 34.3% | 8.3 | 10.0 | 10.7% | 9.6 | 14.7 | 12.4% | 13.3 | 8.5 | 17.2% |
| 活存率 | 樣本數 | 臨時人事成本 | | | 其他成本 | | | 總成本 | | | | | |
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| 30 以下 | 18 | 29.3 | 18.8 | 21.1% | 10.5 | 13.7 | 7.6% | 139.0 | 80.0 | | | | |
| 30-49 | 18 | 12.2 | 6.7 | 18.0% | 4.9 | 12.0 | 7.2% | 68.0 | 23.9 | | | | |
| 50-69 | 17 | 6.5 | 4.8 | 14.5% | 2.6 | 3.2 | 5.8% | 45.0 | 17.3 | | | | |
| 70-89 | 11 | 6.7 | 8.1 | 13.5% | 4.3 | 2.1 | 8.7% | 49.5 | 21.2 | | | | |
| 90 以上 | 4 | 15.1 | 12.2 | 15.8% | 7.3 | 6.0 | 7.6% | 95.7 | 38.0 | | | | |
| 臺灣全區 | 68 | 13.8 | 14.6 | 17.9% | 5.8 | 9.9 | 7.5% | 77.2 | 58.3 | | | | |

單位：活存率(%)；元/公斤

表 7-6 文蛤養殖活存率單位成本投入密度分析

| 活存率 | 樣本數 | 種苗成本 | | | 飼料成本 | | | 水電成本 | | | 全職人事成本 | | |
|-------|-----|--------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 |
| 30 以下 | 18 | 137.0 | 73.7 | 35.6% | 32.2 | 39.8 | 8.4% | 33.9 | 24.2 | 8.8% | 68.3 | 43.0 | 17.7% |
| 30-49 | 18 | 129.5 | 58.0 | 32.1% | 24.7 | 24.6 | 6.1% | 73.6 | 95.8 | 18.2% | 76.3 | 27.9 | 18.9% |
| 50-69 | 17 | 104.9 | 68.7 | 36.0% | 33.6 | 38.9 | 11.5% | 33.8 | 26.0 | 11.6% | 57.7 | 24.1 | 19.8% |
| 70-89 | 11 | 105.7 | 28.4 | 26.2% | 103.4 | 74.5 | 25.7% | 38.2 | 34.4 | 9.5% | 63.3 | 23.7 | 15.7% |
| 90 以上 | 4 | 85.1 | 63.2 | 27.7% | 24.2 | 17.2 | 7.9% | 32.9 | 30.6 | 10.7% | 46.9 | 34.3 | 15.3% |
| 臺灣全區 | 68 | 120.9 | 60.9 | 33.3% | 42.7 | 50.6 | 11.8% | 45.2 | 56.0 | 12.4% | 65.8 | 31.7 | 18.1% |
| 活存率 | 樣本數 | 臨時人事成本 | | | 其他成本 | | | 總成本 | | | | | |
| | | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | 百分比 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| 30 以下 | 18 | 76.1 | 39.0 | 19.8% | 37.6 | 76.0 | 9.8% | 385.1 | 133.7 | | | | |
| 30-49 | 18 | 69.6 | 28.4 | 17.3% | 29.5 | 77.6 | 7.3% | 403.1 | 150.1 | | | | |
| 50-69 | 17 | 41.2 | 29.2 | 14.1% | 20.1 | 24.5 | 6.9% | 291.3 | 106.2 | | | | |
| 70-89 | 11 | 55.2 | 60.7 | 13.7% | 37.3 | 20.6 | 9.2% | 403.0 | 145.2 | | | | |
| 90 以上 | 4 | 46.2 | 34.7 | 15.0% | 35.8 | 31.3 | 11.7% | 307.3 | 150.6 | | | | |
| 臺灣全區 | 68 | 58.5 | 40.8 | 16.1% | 30.4 | 57.1 | 8.4% | 363.5 | 137.4 | | | | |

單位：活存率(%)；千元/公頃

可淨賺 1.1 元。獲利能力最佳為臺南地區，平均益本比 1.9，其他縣市益本比介於 0.8－1.2 之間，整體而言，本次調查文蛤養殖樣本資料，均有不錯的獲利水準（表 7-7）。

另外，藉由活存率水準檢視獲利能力，包括總收益、淨收益、益本比均隨著活存率增加而提升，當活存率達 7 成以上，益本比均可達 2 成以上。當活存率降到 3 成以下，

養殖戶即呈虧損，因此，文蛤養殖管理的差異，會顯著影響產業之生產經濟（表 7-8）。

(三) 生產成本量化模型

藉由 68 戶問卷資料，針對各項主要成本投入，建立單位生產成本投入及單位成本投入密度之生產經濟量化模型，以提供未來產業依據當年度各項成本單位價格變動，成本投入估計之參考。

表 7-7 文蛤養殖區域別獲利變數分析

| 區域別 | 樣本數 | 產量 | | 銷售單價 | | 總收益 | | 淨收益 | | 益本比 | |
|------|-----|--------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 |
| 彰化 | 17 | 12,880 | 9,772 | 104 | 16 | 650 | 360 | 257 | 390 | 1.0 | 2.1 |
| 雲林 | 29 | 14,638 | 10,160 | 103 | 24 | 625 | 357 | 251 | 354 | 0.8 | 1.2 |
| 嘉義 | 12 | 17,611 | 13,065 | 103 | 12 | 669 | 281 | 331 | 292 | 1.2 | 0.9 |
| 臺南 | 10 | 8,976 | 5,288 | 123 | 39 | 790 | 471 | 475 | 463 | 1.9 | 2.2 |
| 臺灣全區 | 68 | 13,891 | 10,213 | 106 | 24 | 663 | 361 | 300 | 371 | 1.1 | 1.6 |

單位：產量(公斤/公頃)；銷售單價(元/公斤)；總收益(千元/公頃)；淨收益(千元/公頃)

表 7-8 文蛤養殖活存率獲利變數分析

| 活存率 | 樣本數 | 產量 | | 銷售單價 | | 總收益 | | 淨收益 | | 益本比 | |
|-------|-----|--------|--------|------|-----|-------|-----|-----|-----|-------|------|
| | | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 |
| 30 以下 | 18 | 7,437 | 6,722 | 100 | 27 | 370 | 226 | -15 | 210 | -0.01 | 0.65 |
| 30-49 | 18 | 14,029 | 8,513 | 107 | 31 | 627 | 334 | 237 | 366 | 0.88 | 1.74 |
| 50-69 | 17 | 18,131 | 11,759 | 102 | 15 | 709 | 259 | 402 | 220 | 1.45 | 0.84 |
| 70-89 | 11 | 17,131 | 12,108 | 114 | 16 | 980 | 331 | 607 | 348 | 2.22 | 2.30 |
| 90 以上 | 4 | 15,375 | 6,579 | 129 | 10 | 1,077 | 363 | 718 | 391 | 2.19 | 1.65 |
| 臺灣全區 | 68 | 13,891 | 10,213 | 106 | 24 | 663 | 361 | 300 | 371 | 1.08 | 1.62 |

單位：活存率(%)、產量(公斤/公頃)、銷售單價(元/公斤)、總收益(千元/公頃)、淨收益(千元/公頃)

1. 文蛤單位生產成本投入模型

$$UIC_t = 202.7A_t + 8.3 + 9 \times 10^{-5}C_t + 5 \times 10^{-4}D_t + 3.2E_t + 5.8 \dots \dots \dots (3)$$

$$\alpha_t^u: 202.7 \text{ 粒/公斤};$$

$$\beta_t B_t: 8.3 \text{ 元/公斤};$$

$$\gamma_t^u: 9 \times 10^{-5} \text{ 人/公斤};$$

$$\delta_t^u: 5 \times 10^{-4} \text{ 人次/公斤};$$

$$\varepsilon_t^u: 3.2 \text{ 度/公斤};$$

$$M_t^u: 5.8 \text{ 元/公斤}$$

2. 文蛤成本投入密度模型

$$IIC_t = 1163,905A_t + 42,714 + 0.5C_t + 3.2D_t + 15,054E_t + 30,396 \dots \dots \dots (4)$$

$$\alpha_t^i: 1,163,905 \text{ 粒/公頃};$$

$$\beta_t B_t: 42,714 \text{ 元/公頃};$$

$$\gamma_t^i: 0.5 \text{ 人/公頃};$$

$$\delta_t^i: 3.2 \text{ 人次/公頃};$$

$$\varepsilon_t^i: 15,054 \text{ 度/公頃};$$

$$M_t^i: 30,396 \text{ 元/公頃}$$

藉由上述模型，提供文蛤養殖業者成本投入估計之參考。舉例而言，假設某養殖戶於當年度投入文蛤養殖生產，當時苗價 0.1 元/粒(A_t)，一養殖週期全職人事每月 30,000 元/人(C_t)，臨時人事每人 1,500 元/人(D_t)，當期電價 3.5 元/度(E_t)，套用公式(3)及(4)，可估計假設條件下，每公斤文蛤成本約 49 元，每公頃文蛤成本約 261,989 元。

三、小結

莊 (2013) 研究指出，1 公頃放養 150 萬粒文蛤苗為例，養殖期間若沒發生大量死亡之情形，文蛤活存率約 80—90%，常態

下約可收穫約 2.5 萬斤，以售價 30 元/斤計，約可售得 70 餘萬元，1 公頃的苗種、整池、電費、飼料與土地設算租金及各種雜項開支大約落在 40 多萬元，扣除成本開銷，業者應可獲得約 30 萬元利潤，而這些還尚未加上混養在文蛤池裡的蝦類及魚類銷售所得。而在本文研究結果顯示，2017 年平均每公頃生產成本約 36.3 萬元，平均文蛤收成池邊交易價 106 元/公斤，以現有條件，平均益本比可達 1.1。然而，活存率分類水準顯示，文蛤活存率達 30% 以上產業方有獲利，活存率越高，績效越顯著。近年來文蛤養殖陸續發生大量死亡問題，原因與現場養殖管理不當及極端氣候息息相關，資料顯示，臺南地區放養密度為四個地區當中最底，但活存率最好，獲利最佳，因此，養殖生產者必須修正生產過程之經營管理技術，提昇放養規格或降低放養密度，方可提升養殖活存率，增加產能，提高收益。以貝類在臺灣的內需市場，文蛤養殖產業有其顯著的經濟效益。

臺灣的文蛤運銷模式近幾年來並沒有太大的變化，仍維持傳統模式，惟過去在大都會區的文蛤零批商，已逐漸被文蛤販運商給取代。而現階段文蛤養殖產量越來越少，除了天然災害之外，尚有養殖管理引發活存率不佳等問題，導致產能銳減。文蛤在國內的供給與需求相對穩定，在供需上仍算平衡，運銷通路結構亦算完整。然面對產能不足，除需與時並進，改善養殖經營管理技術外，也需審慎注意國內產能不足下，進口貝類之衝擊。



第八章 文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式開發

周昱翰¹、陳高松²

¹水產試驗所海水繁養殖研究中心、²企劃資訊組

一、光電養殖微生態環境監測

文蛤 (*Meretrix lusoria*) 屬二枚貝，二枚貝的攝餌方式為濾食性，餌料以環境周圍之浮游微細藻類及有機碎屑為主。文蛤養殖管理最重要的就是水中藻類的狀況。然而，藻類相變化又受光照及水質控制。因此，文蛤養殖管理最重要的就是需要了解養殖池中的水質的狀況。

我國 2014 年農業用電量及溫室氣體排放的全國佔比分別為 0.89% 及 0.02%，水產養殖用電又佔農業用電的 25.2%。然而，近年來隨著全球資源逐漸耗竭，環保意識抬頭，各部門之節能減碳皆被高度重視。行政院農業委員會漁業署鼓勵養殖業在廣大的魚塢四週增設及運用太陽光電發電設備，作為水產養殖新能源的開發。在魚塢架設太陽能光電板，不僅能發電轉賣，還能供應魚塢用電。文蛤養殖範圍廣大為結合太陽能光電發電最佳的場所。然而，文蛤養殖最重要的就是水中藻類的狀況。太陽能發電光電板設立後勢必減少漁池中光照之照度，進而造成藻類族群及養殖微生態環境的變化，最後影響文蛤養殖。為了瞭解其太陽能光電板設置後可能對文蛤池水質的影響，本研究於文蛤

池中進行不同遮蔽率之文蛤養殖試驗，並於養殖過程中進行水質、底泥、藻類及細菌相採樣與測定，以探討不同光照對文蛤池養殖微生態環境的影響。

為了瞭解太陽能發電板設置後可能對文蛤池水質的影響。本年度進行兩項試驗，試驗一為遮蔽率養殖微生態環境變化試驗，該部分主要延續 2017 年之研究，至 2018 年 5 月於水產試驗所海水繁養殖研究中心臺西試驗場內以蘭花網模擬 0%、30%、50%、70% 及 100% 等不同遮蔽率進行文蛤養殖，並探討微生態環境變化。試驗二為 2018 年 6—10 月，於臺西試驗場內以蘭花網模擬 0%-A、40%-A、40%-B、40%-C 及 70%-A 等不同遮蔽度 (0%、40%及 70%) 及文蛤養殖方式 (A、B 及 C 分別為投餵鰻粉 5 kg、投餵鰻粉 7.5 kg 及投餵鰻粉 5 kg 加藻液) 中微生態環境變化。兩試驗於試驗期間分別進行水質、底泥、藻類及細菌相採樣與測定。

(一) 試驗一：遮蔽率養殖微生態環境變化試驗

水質檢測結果顯示，遮蔽率達 50% 文蛤池中的水質即開始出現明顯的變化，其中又以日照較高的春季與夏季影響最為明

顯。結果顯示，溫度、溶氧量 (DO) 與葉綠素 a 遮蔽率成反比；鹽度、磷酸根、總磷及凱氏氮 (TKN) 成正比 (表 8-1)。遮蔽率為 0% 時，水體受到的光照量最高，因此溫度較高，適合藻類生長並進行光合作用，所以 DO 與葉綠素 a 也較高，並隨著遮蔽率提高而減少。各項水質參數方面，生化需氧量 (BOD) 也有隨著遮蔽率升高而降低的現象，總懸浮物在遮蔽率為 0—30% 之間差異並不大，但是在 50% 與 70% 遮蔽率則出現明顯下降的現象，是否因為遮蔽率 0—30% 仍可提供浮游藻類生長，而使得懸浮物有較高的狀況。亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、磷酸鹽與總磷在遮蔽度 100% 時也出現明顯升高的情形，而此情形應是遮蔽率提高已對浮游藻類的生長與光合作用產生明顯的影響，使得遮蔽率 100% 組的浮游藻類密度較低，造成上述的營養鹽較高。

藻類相結果顯示，無論是浮游藻類或底棲藻類均遮蔽率大於 30% 其組成開始造成影響。由環境水參數來看，遮蔽率在達到 30% 後，表面消光與水底消光即達到明顯的分界，其中藻類到遮蔽率在達到 10% 後即有明顯的變化。

菌落相結果顯示，遮蔽率達 30% 文蛤池中的菌落相即開始出現明顯的改變。水中的菌種組成亦會受不同遮蔽率影響，呈現高光照者 (遮蔽率 0—30%) 較相似，不同於低光照 (遮蔽率 50—100%) 者。以菌的分類分析不同光照下的優勢菌，發現遮光率從 70—100% 時變化量最大。不同遮光率下，隨著光照降低底泥的樣本中的轉化硫和磷

菌和好氧菌的比例增加；而隨著光照降低在水樣中的轉化硫和磷菌和產甲烷菌的比例增加。

文蛤養殖池內的底質變化與大型底棲動物群聚結構的部分在這年度的計畫並無出現顯著性差異。

(二) 試驗二：不同遮蔽率及文蛤養殖方式中微生物環境變化

水質檢測結果顯示，遮蔽率達 40% 後水質即開始產生變化，其中遮蔽率 40% 且投餵鰻粉 7.5 kg 試驗組中文蛤池中的水中 BOD 及 TKN 與其它相同遮蔽率有明顯的差異 (表 8-2)。相同的遮蔽率 40%，不同飼料比例餵養的養殖池中，高飼料 (7.5 kg 鰻粉) 餵養的養殖池內不但呈現相對較高的有機質含量，底棲動物的物種數量及豐度 (多毛類與雙殼綱) 也高於其他養殖池。這反應出額外有機質的輸入是影響底棲動物群聚結構的主要因素。

本研究針對養殖過程中針對不同覆蓋的池中進行水質、底泥、藻類相及菌落相之監測，以瞭解太陽能發電設施設置後對文蛤池可能造成之影響。並應用其成果找出文蛤池設置太陽能發電設施之每單位面積之最大可遮蔽率。

本研究結果發現遮蔽率達 50% 的文蛤池中，水質即開始出現明顯的變化，其中又以日照較高的春季與夏季影響最為明顯況且，遮蔽率達 30% 文蛤池中的藻類與菌落相即開始出現明顯的改變。因此，文蛤池設置太陽能發電設施之最大可遮蔽率若高於 50% 時，對於文蛤養殖將可能有顯著影響。

表 8-1 遮光率養殖微生態環境變化試驗水質分析結果

| | 遮光率(%) | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| | 0 | 30 | 50 | 70 | 100 | |
| 溫度(°C) | 26.3±5.8 ^a | 25.8±5.5 ^{ab} | 25.4±5.3 ^{bc} | 25.2±5 ^c | 24.9±4.8 ^c | p < 0.05 |
| DO (mg/L) | 7.5±1.5 ^a | 7.2±1.1 ^b | 7.3±1.2 ^b | 6.9±1.1 ^{bc} | 6.7±1.2 ^c | p < 0.05 |
| 鹽度(psu) | 26.1±5.5 | 26.5±4.6 | 26.5±4.6 | 26.3±4.8 | 26.3±4.8 | |
| pH | 7.6±0.6 | 7.6±0.4 | 7.6±0.4 | 7.6±0.4 | 7.6±0.3 | |
| COD (mg/L) | 169.5±65.8 | 176.7±75.4 | 177.5±72.1 | 167.4±52.7 | 180.3±68.5 | |
| BOD (mg/L) | 5.4±4 ^a | 3.6±2.6 ^b | 3.4±1.7 ^b | 3.6±2.1 ^b | 2.7±1.2 ^b | p < 0.05 |
| 總懸浮物(mg/L) | 69.5±41.5 ^a | 67.2±40.7 ^{ab} | 61.3±37.1 ^b | 59.6±33.8 ^b | 60.3±35.6 ^b | p < 0.05 |
| 葉綠素 a (mg/m ³) | 4±2.9 ^a | 2.3±2.7 ^b | 2.4±2.9 ^b | 1.8±2 ^b | 1.4±1.2 ^b | p < 0.05 |
| NH ₃ -N (mg/L) | 0.8±0.5 | 0.7±0.4 | 0.9±0.5 | 0.9±0.4 | 0.8±0.4 | |
| NO ₂ -N (mg/L) | 0.009±0.007 ^a | 0.011±0.009 ^a | 0.012±0.006 ^a | 0.012±0.007 ^a | 0.015±0.012 ^b | p < 0.05 |
| NO ₃ -N (mg/L) | 0.031±0.027 ^a | 0.039±0.028 ^a | 0.042±0.023 ^a | 0.071±0.055 ^b | 0.079±0.056 ^b | p < 0.05 |
| PO ₄ (mg/L) | 0.39±0.26 ^a | 0.4±0.16 ^{ab} | 0.46±0.16 ^{ab} | 0.49±0.24 ^b | 0.59±0.17 ^c | p < 0.05 |
| 總磷(mg/L) | 0.5±0.47 ^a | 0.62±0.28 ^{ab} | 0.9±0.69 ^b | 0.66±0.17 ^a | 0.86±0.39 ^b | p < 0.05 |
| TKN (mg/L) | 11.9±6.6 ^a | 12.9±8.2 ^{ab} | 12.5±7 ^{ab} | 13.3±8.9 ^{ab} | 14.3±7.5 ^b | p < 0.05 |

表 8-2 不同遮蔽度及文蛤養殖方式中水質分析結果

| | 0%-A | 40%-A | 40%-B | 40%-C | 70%-A |
|--|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 溫度(°C) | 34.5±1.6 | 34.8±0.4 | 35.1±0.1 | 34.9±0.1 | 34.7±0.1 |
| DO (mg/L) | 7.2±0.2 | 6.9±0.8 | 7.1±0.8 | 6.6±0.3 | 6.6±0.3 |
| 電導(μs/cm) | 34410.5±2.1 | 32318.5±147.8 | 32939±2948.6 | 33312±1791.8 | 31481.5±475.9 |
| 鹽度(psu) | 22.5±3.5 | 22.5±3.5 | 22.5±3.5 | 22.5±3.5 | 22.5±3.5 |
| pH | 8±0.4 | 8.1±0.4 | 8.2±0.4 | 8±0.2 | 8±0.1 |
| COD (mg/L) | 132±77.8 | 136.5±68.6 | 108±39.6 | 138±63.6 | 130.5±77.1 |
| BOD (mg/L) | 3.6±0.2 | 3.9±0.2 | 4.2±0.8 | 2.8±1.1 | 3.5±0.3 |
| 懸浮物(mg/L) | 79.5±4.9 | 54.5±14.8 | 56.0±19.8 | 41.0±14.1 | 33.0±15.6 |
| 葉綠素 a (mg/m ³) | 1.8±2.4 | 2.6±3.1 | 1.7±2.2 | 0.5±0.1 | 0.7±0.9 |
| NH ₃ -N (mg/L) | 1±0.2 | 1.3±1.2 | 0.9±0.5 | 0.6±0.3 | 1.1±1 |
| NO ₂ ⁻ -N (mg/L) | 0.019±0.019 | 0.019±0.019 | 0.011±0.013 | 0.033±0.021 | 0.017±0.006 |
| NO ₃ ⁻ -N (mg/L) | 0.045±0.049 | 0.043±0.039 | 0.055±0.014 | 0.075±0.049 | 0.078±0.067 |
| PO ₄ (mg/L) | 0.11±0.03 | 0.08±0.05 | 0.04±0.01 | 0.11±0.02 | 0.05±0.02 |
| 總磷(mg/L) | 0.27±0.03 | 0.35±0.08 | 0.32±0.03 | 0.25±0.05 | 0.27±0 |
| TKN (mg/L) | 10.2±0.1 | 12.8±0.5 | 26±0 | 21.8±0.2 | 10.2±0.6 |

試驗組：A、B 及 C 分別為投餵鰻粉 5 kg、投餵鰻粉 7.5 kg 及投餵鰻粉 5 kg 加藻液

二、文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式研發

文蛤一向為臺灣主要養殖貝類，養殖面積約在 7,000 公頃左右。主要產區在彰化縣、雲林縣、嘉義縣與臺南市，同時也是臺灣日照較強的區域，因此非常適合發展綠能光電。近年來文蛤養殖期間常因氣候問題而遭遇不同的養殖難題，如夏季常因日光直射導致池底溫度過高及豪雨急速降低池水的鹽度。在文蛤養殖池建立立柱型式的遮陽棚，屋頂可覆蓋太陽能板發電，同時可避免夏季陽光直射，可以有效降低極限水溫發生的機率，且覆蓋之太陽能板有清潔用水及雨水的專用收集排水系統，因此不怕雨季期間因雨量過多使池水的鹽度變化太大而影響文蛤的成長，又可經由綠能發電創造附加利潤。

因為立柱型的太陽能設施尚未完工，所以水產試驗所海水繁養殖研究中心臺西試驗場在 2018 年先進行室外池遮蔽率的模擬試驗，探討遮蔽率對文蛤養成及養殖環境的影響，應用 5 個 0.1 公頃的試驗池在池中搭建竹架頂端覆蓋遮陽網模擬立柱型的太陽能設施進行模擬試驗（圖 8-1、8-2）。同年 5 月 1 日在試驗場內的 5 個試驗池放養 400 粒/斤平均體重 1.5 g 的文蛤，每池放養 10 萬粒開始進行試驗。S-0（遮蔽率 0%）、S-40A（遮蔽率 40%）及 S-70（遮蔽率 70%）每週投餵 5 kg 鰻粉，比較不同遮蔽率對對文蛤成長與活存率、水質及底質的影響。另 S-40B（遮蔽率 40%）每週投餵 7.5 kg 鰻

粉，S-40C（遮蔽率 40%）每週投餵 5 kg 鰻粉及蝦池藻水（約 60 噸水），利用增加飼料的投餵量或添加藻類來探討改善遮蔽率影響的方法。

由 2018 年 5 月 1 日開始試驗到 10 月 30 日，飼育 6 個月的試驗結果如下：

（一）遮蔽率對池水水溫的影響

在 5—8 月之強日照下各試驗池水溫之變化，發現遮蔽率愈高水溫下跌愈多，遮蔽率 0% 與遮蔽率 40% 池水溫最高相差 1.5°C，遮蔽率 0% 與遮蔽率 70% 水溫最高相差 2.7°C，但 9 月以後氣溫下降之後遮蔽率 0% 與遮蔽率 40% 池水溫最高相差 1°C，遮蔽率 0% 與遮蔽率 70% 水溫最高相差 1.9°C（圖 8-3），可見覆蓋遮陽網可以減少陽光直射到池塘的面積，進而有效降低極限水溫發生的機率。文蛤養殖期間常因氣候問題而遭遇不同的養殖難題，如夏季水溫過高常因日光直射導致池底溫度過高，因此水溫過高除了會減緩文蛤成長之外也會使文蛤不適而死亡。但在試驗期間各處理組的水溫範圍在 23—35°C 之間並沒有超過文蛤高溫忍受範圍。底土溫度的變化也如同水溫的變化一樣（圖 8-4），遮蔽率愈高土溫下跌愈多。

（二）遮蔽率對池水鹽度的影響

6 個月的試驗期間各試驗池池水鹽度維持在 15—26 psu 之間，由於是以黑色遮陽網作為遮蔽率覆蓋的材料只能遮蔽陽光不能阻隔雨水。在 6 月 18 日及 8 月 23 日各有豪雨發生且延續一段時間，使得池水鹽度兩度由 25 psu 下降到 15 psu（圖 8-5）。未來

在立柱型的太陽能設施上，會有集雨及清潔太陽能板的廢水收集排水系統，因此遮蔽率

40% 的池塘約可減少 40% 的雨量流入池中，進而減少池水鹽度的驟降。



圖 8-1 室外池遮蔽率模擬試驗池



圖 8-2 文蛤池立柱型太陽能板設施之試驗場所

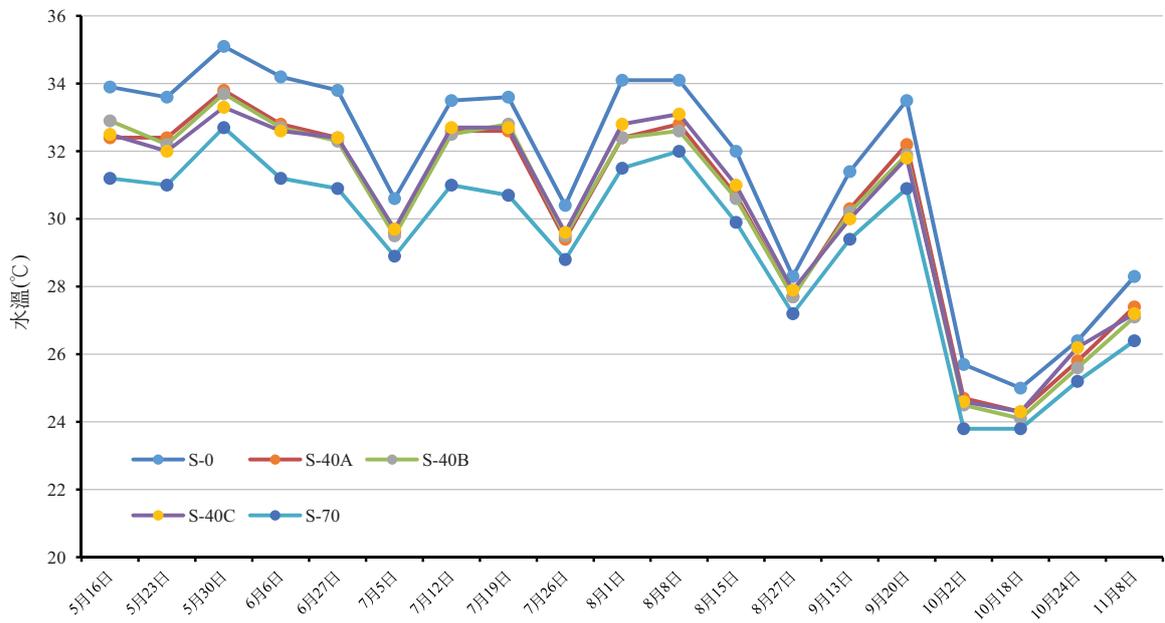


圖 8-3 試驗池水溫變化

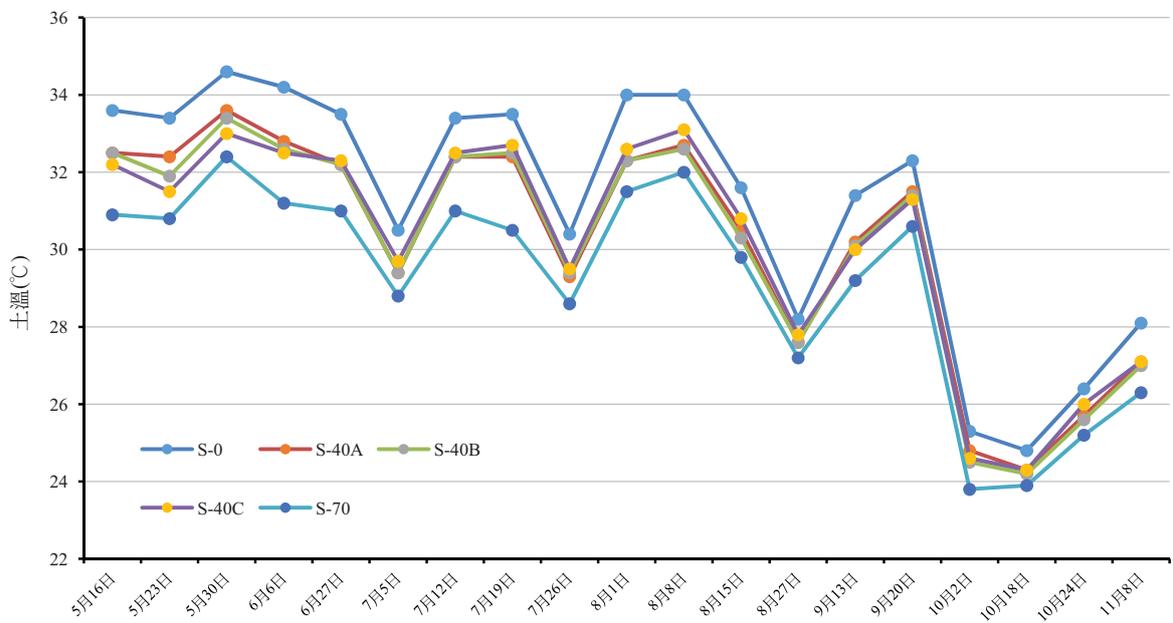


圖 8-4 試驗池土溫變化

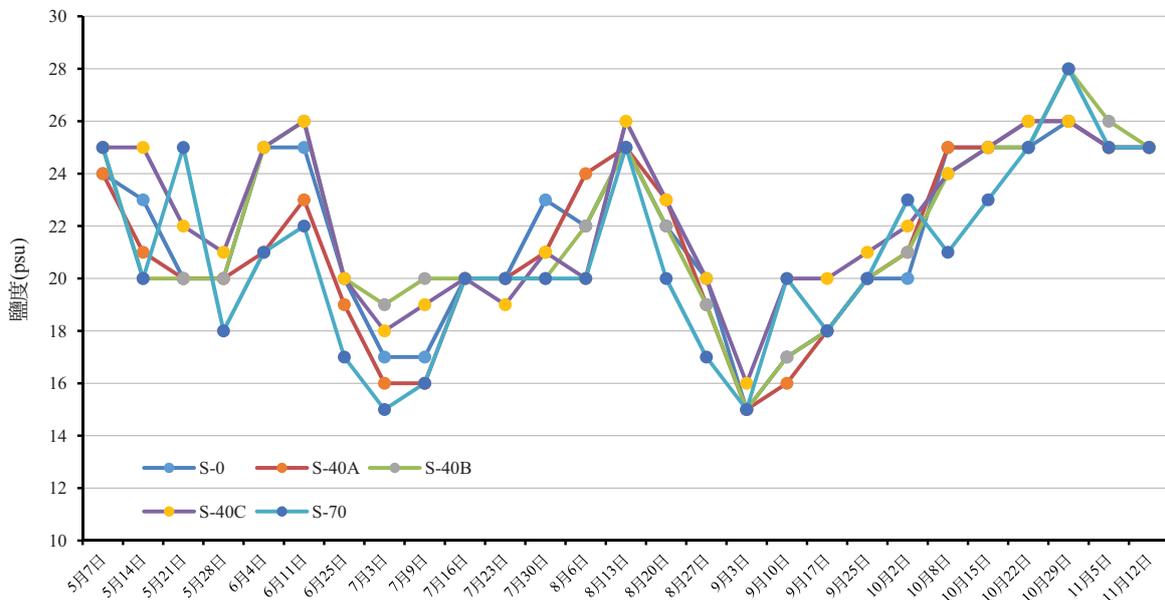


圖 8-5 試驗池鹽度變化

(三) 遮蔽率對文蛤養成的影響

5 個 0.1 公頃的試驗池在 4 月 30 日放養文蛤苗放養 400 粒/斤的文蛤每池 10 萬粒 (養殖密度為 100 萬粒/公頃) 進行遮蔽率實驗, 經過 6 個月的飼育試驗, 文蛤成長的變化顯示於圖 8-6, 由圖 8-6 可看出在 5-8 月的高溫期間對照組 (S-0 試驗池) 的成長低於遮蔽率 40% 的 S-40A 及 S-40B 試驗池顯示在高水溫期適度的遮蔽可使水溫下降讓文蛤有較好的成長環境。對照組 (S-0) 的文蛤在 9 月後平均體重逐漸優於其他 4 組, 10 月 30 日採樣文蛤各試驗池文蛤的平均體重分別為 S-0 組 6.14 ± 2.85 g、S-40A 組 5.12 ± 1.42 g、S-40B 組 5.61 ± 2.21 g、S-40C 組 4.67 ± 1.88 g 及 S-70 組 5.0 ± 2.64 g。由試驗池文蛤的平均體重 $S-0 > S-40A > S-70$, 遮蔽率愈高成長愈差, 顯示在低日照期間遮蔽率愈高減少的基礎生產率愈多而

影響文蛤的成長。而 $S-40B > S-40A$ 顯示增加人工飼料量可以改善池塘因遮蔽率而減少的基礎生產率使文蛤有較好的成長 (圖 8-6), 但是要增加多少飼料量才能彌補遮蔽率的影響尚需進一步的試驗。

(四) 遮蔽率對文蛤池產量的影響

表 8-3 是試驗池 6 個月的飼養成果, 由於試驗期間在 6 月及 8 月遇到豪雨, 使得池水鹽度驟降 (圖 8-5) 加上高溫 (圖 8-3) 試驗池文蛤也發生死亡狀況, 鄧 (2017) 研究結果發現, 夏季大量死亡原因可能是文蛤已感染病原性弧菌後, 養殖環境溫度出現劇烈變化造成緊迫, 若養殖池水質及土質惡化, 即會引致疾病發生, 一旦出現零星死亡情形, 又逢夏季豪雨季節池水鹽度驟降及溫度於數天內溫度差可達到 10°C 以上, 便會逐漸蔓延而形成大量死亡情形。且當溫度超過 28°C 時, 已經感染病菌的文蛤會因為硫化氫

濃度的增高而造成文蛤 1-3 天內就出現大量死亡的情形。10 月 30 日採樣文蛤各試驗池文蛤的活存率偏低，S-0 組 50.1%、S-40A 組 46.5%、S-40B 組 48.2%、S-40C 組 40.2% 及 S-70 組 63.2%。如果增設光電設備後想要達到產量不低於原產量的 70%，由本試驗的結果發現，以 S-0 為原來的產量計算： $307.6 \text{ kg} \times 70\% = 215.33 \text{ kg}$ ，則除了 S-40C

試驗池之外，其他試驗池的增重量均符合產量不低於原產量的 70% 的要求。

水產試驗所海水中心臺西試驗場的文蛤池實體之立柱型太陽能板已於 2018 年 9 月 26 日完成架設 (圖 8-2)。未來將持續可進行文蛤不同養殖模式及不同遮蔽率試驗，探討文蛤池結合太陽能光電之最佳的養殖模式。

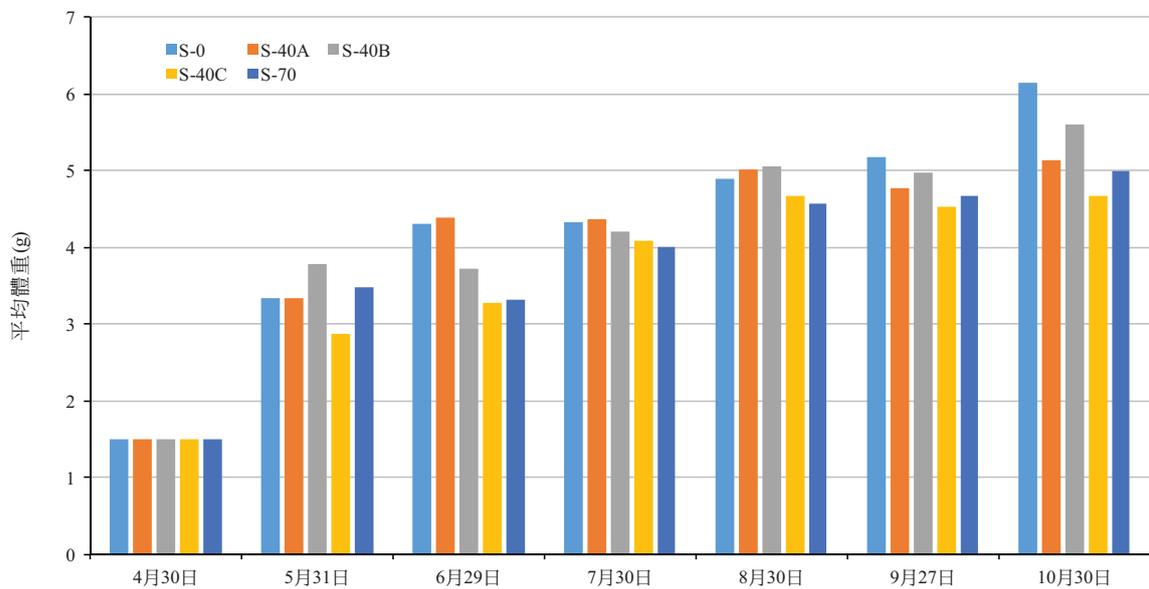
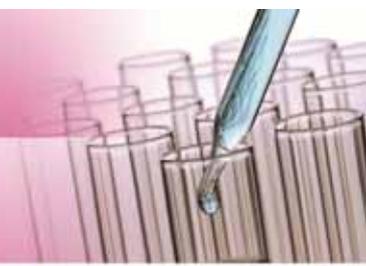


圖 8-6 試驗期間各試驗池文蛤之成長變化

表 8-3 不同遮蔽率試驗飼養 6 個月後文蛤成長結果

| 試驗組別 | S-0 | S-40A | S-40B | S-40C | S-70 |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 4/30 文蛤初平均體重(g) | 1.5±0.35 | 1.5±0.35 | 1.5±0.35 | 1.5±0.35 | 1.5±0.35 |
| 10/30 文蛤平均體重(g) | 6.1±2.85 | 5.1±1.42 | 5.6±2.21 | 4.7±1.88 | 5.0±2.64 |
| 放養數量(萬粒) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 活存率(%) | 50.1 | 46.5 | 48.2 | 40.2 | 63.2 |
| 總重(kg) | 305.6 | 237.1 | 269.9 | 188.9 | 316.0 |



第九章 結論與建議

秦宗顯¹、劉秉忠²

¹國立嘉義大學水生生物科學系、²國立臺灣海洋大學水產養殖學系

一、結論

臺灣地區養殖的文蛤品種，經鑑定幾乎都是 *Meretrix lusoria*，由於養殖文蛤的遺傳多樣性低，宜適度引種以提高遺傳多型性。

在 2016 年以前，文蛤養殖在季節交替時，雖然有零星死亡發生，但整體的養殖過程還算平順。自 2017 年 4—5 月之後，文蛤經常出現大量死亡。在溫度較高的季節，文蛤出現大量死亡的機率就越高。文蛤是底棲潛沙生物，潛沙行為受水土溫度和水質離子的影響，當水溫超過 32°C，潛沙能力就會下降。文蛤具有無氧代謝的酵素，因此可忍受短暫的缺氧，忍受缺氧的時間隨溫度越高就越短，只要池水的溶氧量高於 1.1 ppm，文蛤就能潛入沙中。目前文蛤養殖出現問題主要原因是大環境與以往不同，養殖業者的養殖管理方式應考慮隨環境及氣候變遷而改進，或者是改良現有的養殖管理模式。

依據 2017—2018 年對文蛤池水溫及底土表層溫度的調查，冬季（11 月至翌年 1 月）水溫在 14.5—25.0°C，春季（2—4 月）水溫在 14.0—31.8°C，夏季（5—7 月）水溫在 29.0—36.3°C，秋季（8—10 月）水溫在 23.6—35.0°C。自不同養殖戶文蛤池之調查

數據顯示，從 4 月底至 9 月底，水溫持續維持在 30°C 以上，夏季高達 36.3°C。土層溫度也隨水溫上升而上升，平均溫差在 0.1—0.4°C 之間，6—8 月文蛤池量測的土層溫度部分高於水中溫度，差值在 0.1—0.9°C 之間，最大差異值出現在完全沒有使用水車且池水深度約 50 cm 或以下的文蛤池。在此高溫環境下，文蛤代謝速率增加，會增加開殼頻率以獲取食物及氧氣，若此時池底成還原態、硫化物或水中氨-氮濃度升高，會阻礙文蛤開殼導致缺氧造成文蛤死亡，尤其是體型較大的文蛤。因此，文蛤池設置水車有其必要性，尤其在水溫高於 30°C 的高溫期。

麥寮、臺西和口湖一帶海水的磷酸鹽含量在 250 µg/L 左右。磷酸鹽的溶解度不高，易與鈣產生沉澱。文蛤池水的磷酸鹽濃度如持續在高於 400 µg/L，加上氨氮濃度同時上升的話，若無外來的添加物如豎井水或發酵液等所致，極可能是文蛤死亡前的指標。

文蛤池透明度一般維持在 50—60 cm，在強風下易造成底泥揚起而混濁，濁度高會影響文蛤的攝食活動。因此文蛤池水的葉綠素 a 濃度儘可能維持在 30—50 µg/L，當葉綠素 a 濃度在 30 µg/L 以下時，需投放補充飼料，如葉綠素 a 濃度超過 60 µg/L 以上且

持續 4–5 日，則需要換水以降低藻水濃度。

底土 ORP 值可應用在文蛤養殖的底土管理。底土 ORP 值低於 -200 mV 時，會產生還原性的有毒物質且臭土味濃，文蛤出現成長停止、爬出底土、甚至大量死亡；底土 ORP 值介於 -200–-150 mV 時，會產生還原性的有毒物質且臭土味濃，文蛤出現成長停止以及部分死亡；底土 ORP 值介於 -150–-100 mV 時，臭土味淡，部分文蛤停止成長或是零星死亡；底土 ORP 值介於 -100–-50 mV 時，臭土味淡，部分文蛤停止成長或是成長緩慢；底土 ORP 值高於 -50 mV 時，無臭土味，文蛤正常成長。

文蛤池水若出現裸藻 (*Euglena* sp.)、囊裸藻 (*Trachelomonas* sp.)、平裂藻 (*Merismopedia* sp.)、顫藻 (*Oscillatoria* sp.) 及微囊藻類 (*Microcystis* sp.) 等藻類出現頻率高的話，需多加留意水質狀況，避免其大量繁生而影響文蛤養殖。

彰化地區的文蛤池多為沙質底，過去很少翻底土，長年下來底質老化，養殖戶接受輔導多數都有按照 SOP 程序操作整池。文蛤池先使用底質改良劑、綜合益生菌及光合菌，並搭配醱酵豆粉做水。在養成期間每週使用石灰、綜合益生菌及光合菌，並搭配醱酵豆粉投餵。使用以上處理方式之後，實驗池底質的硫化物濃度相對比對照池低，底土 pH 在 7.5–8.1 之間，氧化還原電位大多數介於 -100–-150 mV，因此產生硫化氫的比例會較低，底土也沒有硫磺惡臭異味，未處理得文蛤池底質則呈現黑色，經過處理之後的文蛤池底質會呈現土色。另外，池底溫度

偏高時，其 pH 值有偏酸的趨勢。

彰化地區文蛤池水質的氨鹽、亞硝酸鹽、化學需氧量皆很低，溶氧量皆在 4–6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。鹽度大多介於 20–25 psu 之間，但是在 6–8 月間如有大豪雨，鹽度瞬間遽降至 10 psu，經常出現文蛤大量死亡。

臺南地區的文蛤池多為沙壤土，過去也很少翻底土，僅在池邊挖深溝將池水抽乾，長年下來造成底質老化，養殖戶經輔導多數都有依照 SOP 操作整池。臺南地區文蛤池的做水、底質及養成期間的管理措施與彰化地區相同。有經過處理的實驗池，底質的硫化物濃度相對比對照池低，底土的 pH 在 7.5–8.1 之間，氧化還原電位大多數介於 -100–-150 mV，因此產生硫化氫的比例也低，底土也沒有硫磺惡臭異味。同樣的，池底溫度偏高時，其 pH 值有偏酸的趨勢。

臺南地區文蛤池水質的氨、亞硝酸、化學需氧量皆很低，溶氧量在 4–6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。池水鹽度多介於 30–50 psu 之間，因為臺南在冬季無雨水，鹽度在 40 psu 以上，文蛤成長較緩慢。但是在 6–8 月間若降下大雨，鹽度降至 20–30 psu 則會加快文蛤成長。但是如 2018 年 8 月 23、24 日降下的大豪雨淹水，鹽度瞬間遽降且沿岸海水淡化，則有可能造成文蛤因鹽度太淡而出現大量死亡。

彰化地區及臺南地區文蛤池水的生菌數介於 10^3 – 10^5 CFU/ml，弧菌數 10^2 – 10^3 CFU/ml。當弧菌數達 10^4 CFU/ml 以上時，

有可能出現文蛤空殼或空飄的死亡情形。

文蛤池出現孔雀蛤時，在整池過程中應徹底曬池，文蛤苗放養 1—2 週後，放養 2 寸黃錫鯛魚苗以防治孔雀蛤。以 1 公頃放養 150 萬粒文蛤苗為例，文蛤活存率 80—90%，可收穫 2.5 萬斤，假設池邊價 30 元/斤，可售得 70 餘萬元，1 公頃的苗種、整池、電費、飼料與土地設算租金及各種雜項開支大約落在 40 多萬元，扣除成本開銷，業者應可獲利 30 萬元，這些還未加上混養的魚蝦銷售所得。2017 年的研究顯示，每公頃平均生產成本為 36.3 萬元，文蛤池邊平均交易價為 106 元/公斤，平均益本比達 1.1。然而，文蛤活存率達 30% 以上，活存率越高，獲利越顯著。

二、文蛤養殖現況之建議

經過一年多的輔導對於文蛤永續養殖之建議如下：

- (一) 由政府就整個文蛤養殖區規劃提供乾淨的水源，雲林縣下崙區目前已可提供乾淨水源，值得後續養殖區規劃參考。
- (二) 孔雀蛤等產生足絲二枚貝的危害必須正視，這些二枚貝侵入文蛤池，增加養殖管理的困擾，影響文蛤的活存率。
- (三) 使用文蛤輔助飼料飼養文蛤，業者認為文蛤池的底質可維持在較佳的狀況，管理也較方便，水色也容易控制，然而文蛤的肥滿度不如傳統的養殖方式，因此在上市前如何加強文蛤的肥滿度，是未來重大課題之一。

- (四) 耐寒性海水草食性魚苗開發與量產，以因應低溫時文蛤池絲藻的防治管理。
- (五) 建立環境用藥應用在文蛤養殖管理的基礎資料與使用規範。
- (六) 在高水溫期加強文蛤池弧菌監控，並探討文蛤病害及死亡原因與防治方法。
- (七) 加強益生菌應用在文蛤養殖的效用分析。(1)收集背景信息；(2)評估益生菌對致病菌株的競爭能力；(3)評估益生菌的致病性；(4)建立益生菌正確使用的 SOP；(5)經濟成本效益分析。
- (八) 文蛤養殖池可搭建立具排水功能之柱形遮陽棚，在屋頂覆蓋太陽能板發電，可避免夏季陽光直射及降低極限水溫發生的機率，經由綠能發電又能創造附加利潤。

三、文蛤養殖管理之建議

- (一) 文蛤池若底質老化，放養前務必確實做好整池消毒的工作，尤其彰化、臺南地區長年下來底質皆老化，應增加翻土及曬池的時間，搭配益生菌，以恢復健康土質，可提高文蛤養成率。池底曝露在空氣中至少需 14 天，才能達到改善效果，因此文蛤池添加基肥發酵完成後，經 14 天以上曬池，再放養文蛤苗，可改善文蛤苗成長停滯或死亡的情形。
- (二) 彰化地區養殖文蛤建議放養時間提前至 6—7 月放養，且放養規格以 500 粒/斤以上，放養量應以 80—100 萬粒/公頃較佳，養殖 10 個月可達上市規格 40

- 50 粒/斤，如此可在每年 5—6 月雨季來臨之前收成，避過雨季。
- (三) 臺南地區養殖文蛤的放苗時間在 3—6 月底，放養量及規格分別為 60 萬粒/公頃 (500 粒/斤) 至 80 萬粒/公頃 (800 粒/斤)。建議放養規格以 500 粒/斤以上，放養量以 50—60 萬粒/公頃較佳。
- (四) 冬季水色較清，水中藻類少時，使用雜魚或黃豆粉發酵培養藻水提供文蛤食物的模式，應使用淡水進行醱酵，隔絕大部分海水中常見之致病菌，且考慮環境衛生並注意要完全發酵後再利用，以避免害菌引入文蛤池而爆發病害，減少文蛤飼料之使用，避免池底累積過多殘餌，形成缺氧環境，造成池底惡化。
- (五) 養殖期間文蛤池水 pH 值保持於 7.5—8.5 左右，文蛤攝食較佳；底質 pH 值低於 7.5 以下較易增加硫化氫釋放於水中之比例，影響文蛤生理，導致文蛤死亡，如果氣象局預測下大雨前，每公頃可撒 100 kg 熟石灰 (10 ppm)，增加 pH 及緩衝能力。
- (六) 文蛤池生菌數在 10^5 CFU/ml 以上、弧菌數若超過 10^3 CFU/ml 時，以 1 ppm 二氧化氯處理，隔天添加 5 ppm 光合菌。若有空殼或空飄死亡現象則以 1 ppm 二氧化氯連續處理 3 天，隔天再添加 5 ppm 光合菌。
- (七) 氧化還原電位 ORP 值可作為文蛤池底土管理之參考。
1. 正常養殖期 (底土 ORP 值在 -100 mV 以上) 的管理：避免過多的殘餌，投餵適合文蛤的食物顆粒為 5—25 μm 。



2. 底土待改善期 (底土 ORP 值在 -100 — -200 mV 以下) 的管理：增加水車數量或運轉時間，每週定期使用二氧化氯 (1 ppm)、光合菌 (5 ppm)、腐植酸 (俗稱黑粉, 3 ppm)，可以改善底土惡化之情況、提高底土的 ORP，並提升文蛤的成長及飼料效率。
 3. 危險期 (底土 ORP 值在 -200 mV 以下) 的管理：這種情況的底土被有機物嚴重污染，處於極度缺氧狀態，應緊急搶救，才能避免文蛤大量死亡。
- (八) 簡單判斷底質臭土味方法：取含少量水之底土 100 g，加入 1 ml 鹽酸均勻混合後聞味道。
- (九) 文蛤池水的葉綠素 a 濃度儘可能維持在 30 — 50 $\mu\text{g/L}$ ，當葉綠素 a 濃度在 30 $\mu\text{g/L}$ 以下時，需要投放補充飼料，如葉綠素 a 濃度超過 60 $\mu\text{g/L}$ 以上且持續 4—5 日，則需要換水以降低藻水濃度。
- (十) 文蛤池出現孔雀蛤時，在整池過程中應徹底曬池，進水時以二氧化氯 1 ppm 殺孔雀蛤的浮游期幼生，再以茶粕 20 ppm 浸泡文蛤池。文蛤苗放養 1—2 週後，放養 2 寸黃錫鯛苗以防治孔雀蛤；在養殖過程中，文蛤池壁如果有孔雀蛤附著，也可降低水位用瓦斯噴燈燒殺。
- (十一) 放養文蛤苗到採收約 10—12 個月，養殖期間透過間捕及輪放時攪動翻土，將長期累積的排泄物、硫化物、有機廢物散入水中，將髒水排乾後注入新水。



參考文獻

1. 任素蓮、王德秀、宋微波 (2002) "紅肉症" 文蛤中寄生類立克次體的超微結構與細胞病理學。水產學報，26(1): 79-82。
2. 任素蓮、王德秀、繩秀珍、宋微波 (2002) "紅肉症" 文蛤中發現的一種球形病毒的型態發生與細胞病理學。水產學報，26(3): 265-269。
3. 任素蓮、張艷艷、邱紅、宋微波 (2003) "紅肉症" 文蛤的組織病理學。水產學報，27(5): 462-467。
4. 吉良哲明 (1976) 原色日本貝類圖鑑。保育社，VII：210 pp。
5. 朱惠真、黃美瑩、劉旭展、曾亮璋、潘崇良、張錦宜 (2016) 來自海水魚蝦篩選抗水產弧菌病原之拮抗菌。水產研究，24(1): 37-50。
6. 何哲豪 (2009) 不同溫度及鹽度下文蛤 (*Meretrix lusoria*) 的滲透壓調節和免疫反應之研究。國立嘉義大學水生生物科學系碩士論文。
7. 何雲達 (1986) 魚溶漿對浮游期文蛤幼苗餌料效果研究。臺灣省水產試驗所試驗報告，41: 29-36。
8. 何雲達 (2001) 文蛤養殖。漁業輔導專刊一：雲嘉地區主要魚貝類繁養殖技術彙集，行政院農業委員會水產試驗所，基隆市，111-124。
9. 何曉琛 (2000) 文蛤養殖池水層及底泥層中物質濃度之垂直分佈與季變異。國立臺灣大學農業工程學研究所碩士論文。
10. 吳靜芷 (2009) 硫化氫中毒。行政院農業委員會家畜衛生試驗所，水生動物疾病診斷系統。<http://aqua.nvri.gov.tw/disSheet.aspx?id=ag%2BcSsEm0bc%3D>
11. 宋承方 (1995) 非寄生性疾病及病因不明的疾病。水產動物疾病學，水產出版社，269-286。
12. 巫文隆、劉秀平、廖國焱 (1992) 文蛤形態與解剖學研究。貝類學報，17: 91-98。
13. 李安進、李明貞、賴弘智 (2002) 文蛤出入水管開關因子之研究。中華生質能源學會會誌，21: 55-62。
14. 李安進、秦宗顯 (2018) 水產養殖小細節大學問，文蛤攝食判斷不易，策略管理改善養殖環境。豐年雜誌，第 6808 期。
15. 李明貞 (2005) 文蛤無氧能量代謝的研究。國立嘉義大學水生生物科學系碩士論文。
16. 李明貞、賴弘智、李安進 (2002) 文蛤出入水管開關因子之研究。中華生質能源學會會誌，21: 55-62。
17. 李龍雄 (1982) 水產養殖學 (中冊)，前程出版社，221 pp。
18. 周芷儀、李念宜、陳紫嫻 (2018) 微藻連續擴增培養。水產試驗所電子報，第 144 期。
19. 周昱翰 (2017) 文蛤的養殖與管理。科學發展，535: 14-17。

- 
20. 周昱翰、黃麗月 (2003) 不同餌料對文蛤養成之影響。海水繁養殖研究，1(1): 11-19。
 21. 周昱翰、葉信利 (2013) 文蛤養殖池的底土管理。水試專訊，43: 17-19。
 22. 林岱璇 (2007) 文蛤飼育在不同水溫及投餵不同微藻下的免疫反應。國立嘉義大學水生生物科學系碩士論文。
 23. 邱仕彰 (2010) 漫談水色與水產養殖管理。臺肥季刊，50(4): 26-31。
 24. 柯清水 (1999) 養殖池中硫化氫之成因及對策。養魚世界，3: 36-39。
 25. 涂秋煌 (2000) 飼養文蛤 (*Meretrix* spp.) 的蛋白質體標準圖及應用。國立嘉義大學水生生物科學系碩士論文。
 26. 秦宗顯、李安進、陳淑美、陳哲俊、郭建賢、劉秉忠、林正輝、黃振庭、李孟洲 (2018) 文蛤養殖環境科學化管理技術之建立。行政院農業委員會 107 年度科技計畫期末報告。
 27. 莊慶達 (2013) 我國漁業產業經營與行銷之研究，我國大宗養殖水產品運銷通路及本益調查研究。行政院農委會漁業署科技計畫報告。
 28. 許紋華 (2002) 食物與環境因子對文蛤攝食之影響。國立臺灣海洋大學水產養殖學系碩士論文。
 29. 許福敦 (2009) 三種氣候型態其溫度及水色對臺灣牡蠣養殖產業影響之研究。國立臺灣海洋大學水產養殖學系碩士論文。
 30. 郭仁杰 (2005) 臺灣地區文蛤養殖生產技術效率分析。國立臺灣海洋大學應用經濟研究所碩士論文。
 31. 郭光雄、陳秀男、羅竹芳 (1989) 臺灣魚蝦貝類病毒癥之研究。臺灣水產學會刊，16(4): 303-312。
 32. 郭欽賢、周聖智 (1988) 在不同環境下，硫化氫對文蛤之毒性。中華民國獸醫學會雜誌，16: 237-243。
 33. 陳文樹 (2006) 文蛤的養殖過程和收成獲益。漁業推廣，243: 28-29。
 34. 陳明耀 (1997) 生物餌料培養。水產出版社，316-318。
 35. 陳金鳳 (2010) 氮氮對文蛤能量收支的影響及其毒理效應的研究。中國蘇州大學碩士論文。
 36. 陳建佑 (2003) 建立市場導向之文蛤產銷體系。漁業推廣，204: 16-29。
 37. 陳建初 (1985) 水質管理。九大圖書公司，234 pp。
 38. 曾啟富、何雲達、吳純衡 (1988) 文蛤養殖經濟分析。臺灣省水產試驗所試驗報告，45: 275-282。
 39. 黃毅峰 (2015) 抽濾及添加益生菌對文蛤養殖之應用。國立臺灣海洋大學水產養殖學系碩士論文。
 40. 黃麗月、何雲達、陳鴻議、吳宜宜、曾筱茹、葉信利 (2010) 貝類育肥輔助飼料之研究。水產試驗所 2010 年年報，p. 40。
 41. 黃麗月、何雲達、陳鴻議、吳宜宜、葉信利 (2011) 貝類育肥輔助飼料之研究。水產試驗所 2011 年年報，p. 38。
 42. 黃麗月、陳鴻儀、葉信利 (2014) 文蛤飼料新選擇－液態漿狀飼料。水產試驗所電



- 子報，第 104 期。
43. 楊美桂、羅竹芳、扈伯爾、郭光雄 (1978) 新竹區養殖文蛤病原菌 *Vibrio parahaemolyticus* 之分離。魚病研究專輯，2: 59-67。
 44. 楊婉玲、黃獻龍、李安進 (2005) 溫度、鹽度和大腸桿菌濃度對文蛤累積大腸桿菌的影響。中華生質能源學會會誌，24: 63-71。
 45. 楊曉慧、陳淑美 (2008) 急性高溫及低溶氧環境對文蛤血液氣體組成與免疫的影響。台灣水產學會學術論文發表會，高雄。
 46. 溫秋明、曾薰、郭光雄、陳秀男 (1993) 台灣養殖文蛤類立克次菌樣微生物感染症。臺灣水產學會刊，20(4): 347-356。
 47. 雷棋祥、蘇惠美 (1985) 草蝦苗以不同餌料餵飼時之生長及生存率。臺灣水產學會刊，12(2): 54-69。
 48. 漁業署 (2017) 臺灣地區漁業統計年報，2017。行政院農業委員會漁業署。
 49. 劉健明 (1989) 貝類養殖技術。五洲出版社，臺北，330-336。
 50. 劉富光、何雲達、郭仁杰、廖一久 (2001) 優質文蛤的養殖技術。農政與農情，114: 91-96。
 51. 蔡英亞、張英、魏若飛 (1997) 貝類學概論。水產出版社，210-215。
 52. 鄧晶瑩 (2017) 文蛤大量斃死，細菌性疾病扮演甚麼角色。農傳媒。
 53. 鄧晶瑩 (2017) 治病先治環境－談貝類疾病防治與健康管理。科學發展，535: 26-29。
 54. 鄧晶瑩 (2017) 養殖文蛤細菌性疾病之探討。農政與農情，300: 58-62。
 55. 鄧晶瑩、朱惠真、盧彥伶、劉旭展、許晉榮 (2017) 雙殼類細菌性疾病之探討。水試專訊，59: 47-51。
 56. 鄧晶瑩、許乃中、許晉榮 (2017) 養殖池中硫化氫對養殖文蛤之影響。水產試驗所電子報，第 133 期。
 57. 鄭石勤 (2009) 洪清山藻到了方法。養魚世界雜誌，1 月號。
 58. 鄭金華、陳紫嫻 (2008) 臺灣養殖牡蠣著苗技術之改進。水產研究，16(2): 81-88。
 59. 鄭詠心 (2014) 臺灣雲林地區文蛤混合養殖之生產效率分析。國立高雄海洋科技大學水產養殖研究所碩士論文。
 60. 鄭新城 (2007) 養殖貝類大規模死亡原因及防治策略。漁業致富指南，第 21 期。
 61. 蕭安助 (2004) 溫度、鹽度對文蛤與枯葉紫雲蛤成長與代謝之影響。國立嘉義大學水生生物科學系碩士論文。
 62. 蘇惠美 (1999) 微藻。餌料生物之培養與利用，臺灣省水產試驗所，22-64。
 63. 蘇惠美 (2004) 餌料生物培養與生產－微藻培養。水產動物防疫簡訊，29: 6-8。
 64. 蘇惠美 (2012) 藻類的應用。水試專訊，40: 30-33。
 65. 蘇惠美 (2014) 水試所微藻種原之收集與利用。水試專訊，46: 25-29。
 66. 蘇惠美、雷棋祥、廖一久 (1988) 環境因子對三種餌料微藻脂肪酸組成之影響。臺灣水產學會刊，15(1): 21-34。

67. American Public Health Association A (1992) Merican Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Inc., Washington, D.C., 4: 123-127.
68. Barrao, M. A., I. D. Medeiros and F. M. Moreira (1999) Some haemato-immunological parameters in the mussel *Perna perna*. *Fish & Shellfish Immunology*, 9: 387-404.
69. Bayne, B. L., R. J. Thompson and J. Widdow (1976) Physiology: I. In: *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology* (ed. B.L. Bayne), 91-261. Cambridge University Press, Cambridge.
70. Chen Y. C., J. L. Wu and Y. L. Hsu (1992) Characterization of an aquareovirus-hard clam virus. *The Seventh Joint Annual Conference of Biomedical Science*, 27.
71. Chen, H. C. and J. D. Slinn (1980) Osmoregulation of the prawn, *Palaemon elegans* exposed to some heavy metals. *The Fisheries Society of Taiwan*, 7: 1-13.
72. Chen, S. M. and D. S. Lin (2012) Effects of microalgae on the immune responses and digging ability of hard clam, *Meretrix lusoria*. *Journal of Shellfish Research*, 31: 269-269.
73. Chen, S. M., C. H. Ho and A. C. Lee (2011) The immune responses of hard clam, *Meretrix lusoria* under acute temperature and salinity stress. 9TH Asian Fisheries and Aquaculture Forum, Shanghai, China. Asian Fisheries Society.
74. Chou, H. Y., H. J. Li and C. F. Lo (1994) Pathogenicity of a birnavirus to hard clam (*Meretrix lusoria*) and effect of temperature stress on its virulence. *Fish Pathology*, 29(3): 171-175.
75. Cima, F., V. Matozzo, M. G. Marin and L. Ballarin (2000) Haemocytes of the clam *Venerupis philippinarum* (Adams & Reeve, 1850): morphofunctional characterisation. *Fish & Shellfish Immunology*, 10: 677-693.
76. Dall, W. (1981) Osmoregulatory ability and juvenile habitat preferenve in some penaeid prawns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 54: 55-64.
77. Davenport, J. and J. H. Fletcher (1978) The effects of simulated estuarine mantle cavity conditions upon the activity of the frontal gill cilia of *Mytilus edulis*. *Journal of Marine Biotechnology*, 58: 671-681.
78. Gagnaire, B., H. Frouin, K. Moreau, H. Thomas-Guyon and T. Renault (2006) Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Fish & Shellfish Immunology*, 20: 536-547.
79. Habe, T. (1977) Systematics of Mollusca in Japan: Bivalvia and Scaphopoda. Hokuryukan, 372 pp.

80. Hamli, H., M. H. Idris, M. K. Abu Hena, A. H. Rajae and A. Arshad (2016) Inner shell as variation key of local hard clam *Meretrix* spp. *Journal of Environmental Biology*, 37(4): 641-646.
81. Hégaret, H., G. H. Wikfors and P. Soudant (2003) Flow cytometric analysis of haemocytes from eastern oysters, *Crassostrea virginica*, subjected to a sudden temperature elevation: II. Haemocyte functions: aggregation, viability, phagocytosis, and respiratory burst. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 293: 249-265.
82. Helm, M. M. and I. Laing (1987) Preliminary observations on the nutritional value of 'Tahiti Isochrysis' to Bivalve Larvae. *Aquaculture*, 26: 291-288.
83. Huang, S. L., Lee, M. C., Chen, S. M. & Lee, A. C. (2007) The acid-base balance of the hemolymph of the hard clam (*Meretrix lusoria*) is affected by aerial exposure and cellular hypoxia-inducing factors. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 34: 177-185.
84. Jayamanne, S. C. (1986) A preliminary study of hydrogen sulphide toxicity on juveniles of *Macrobrachium rosenbergi*. Report NACA/WP/86/42. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA), Bangkok.
85. Kang, J. H., B. H. Kim, J. Y. Park, J. M. Lee, J. E. Jeong, J. S. Lee, H. S. Ko and Y. S. Lee (2012) Novel microsatellite markers of *Meretrix petechialis* and cross-species amplification in related Taxa (Bivalvia: Veneroida). *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 15942-15954.
86. Kodama, K., M. Waku, R. Sone, D. Miyawaki, T. Ishida, T. Akatsuka and T. Horiguchi (2018) Ontogenetic and temperature-dependent changes in tolerance to hypoxia and hydrogen sulfide during the early life stages of the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Marine Environmental Research*, 137: 177-187.
87. Lee, A. C. and K. T. Lee (2011) The enzyme activities of opine and lactate dehydrogenases in the gills, mantle, foot, and adductor of the hard clam *Meretrix lusoria*. *Journal of Marine Science and Technology*, 19: 361-367.
88. Lee, A. C., C. R. Lin and S. Y. Chen (2004) The effect of temperature and components of artificial sea water on digging ability of hard clam (*Meretrix lusoria*). *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 31: 251-262.
89. Lee, A. C., K. T. Lee and L. Y. Pan (2011) Purification and kinetic characteristics of strombine dehydrogenase from the foot muscle of the hard clam (*Meretrix lusoria*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 158: 38-45.

90. Lee, A. C., M. C. Lee, S. M. Chen and T. S. Chin (2005) Temperature, pH, Mg²⁺ and aerial exposuer time affect the oxygen consumption of hard clam (*Meretrix lusoria*). Journal of The Fisheries Society of Taiwan, 32: 301-310.
91. Lee, A. C., M. C. Lee, Y. H. Lee and Y. C. Lee (2008) Candidates for a hypoxia-stress indicator in the hard clam *Meretrix lusoria*. Aquaculture, 278: 150-155.
92. Lee, A. C., Y. C. Lee and T. S. Chin (2012) Effects of low dissolved oxygen on the digging behavior and the metabolism of hard clam (*Meretrix lusoria*). Aquaculture Research, 43: 1-13.
93. Lee, A. C., Y. H. Lin, C. R. Lin, M. C. Lee and Y. P. Chen (2007) Effects of components in sea water on the digging behavior of the hard clam (*Meretrix lusoria*). Aquaculture, 272: 636-643.
94. Leon, J. G., L. Villamil, M. L. Lemos, B. Novoa and A. Figueras (2005) Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from aquacultured carpet shell clam (*Ruditapes decussatus*) larvae associated with mass mortalities. Applied and Environmental Microbiology, 71(1): 98-104.
95. Liu, C. H., C. S. Chiu, P. L. Ho and S. W. Wang (2009) Improvement in the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, by a proteaseproducing probiotic, *Bacillus subtilis* E20, from Natto. Journal of Applied Microbiology, 107: 1031-1041.
96. Lo, C. F., Y. W. Hong, S. Y. Huang and C. H. Wang (1988) The characteristics of the virus isolated from the gill of clam, *Meretrix lusoria*. Fish Pathology, 23: 147-154.
97. Nagasoe, S., T. Yurimoto, K. Suzuki, Y. Maeno and K. Kimoto (2011) Effects of hydrogen sulfide on the feeding activity of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Aquatic Biology, 13: 293-302.
98. Novoa, B. and A. Figueras (2000) Virus-like particles associated with mortalities of the carpet-shell clam *Ruditapes decussates*. Diseases of Aquatic Organisms, 39: 147-149.
99. Pan, L. Y., Y. C. Lee, T. J. Huang, S. Y. Chen, Y. H. Lee and A. C. Lee (2015) A study in the growth of hard clam (*Meretrix lusoria*) cultured in different models. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 42(3): 135-143.
100. Park, S. W., K. S. Lee and E. Y. Chung (2002) Morphological and cytochemical characteristics of hemocytes of *Meretrix lusoria* (Bivalvia :Veneridae). Malacologia, 44: 325-331.
101. Pearson, T. H. and S. O. Stanley (1979) Comparative measurement of the redox potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic

- pollution. *Marine Biology*, 53: 371-379.
102. Pierce, S. K. and T. K. Maugel (1987) Illustrated invertebrate anatomy-A laboratory guide. Oxford University Press, 307 pp.
 103. Pipe, R. K. and J. A. Coles (1995) Environmental contaminants influencing immune function in marine bivalve mollusks. *Fish & Shellfish Immunology*, 5(8): 581-595.
 104. Renault, T. and B. Novoa (2004) Viruses infecting bivalve mollusks. *Aquatic Living Resources*, 17: 397-409.
 105. Rengpipat, S., W. Phianphak, S. Piyatiratitivorakul and P. Mwnasveta (1998) Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth. *Aquaculture*, 167: 301-315.
 106. Smith, H. T., N. Staudenmayer and F. Millett (1977) Use of specific lysine modifications to locate the reaction site of cytochrome c with cytochrome oxidase. *Biochemistry*, 16(23): 4971-4974.
 107. Suzuki, S. and M. Nojima (1999) Detection of a marine birnavirus in wild molluscan shellfish species from Japan. *Fish Pathology*, 34(3): 121-125.
 108. Svobodová, Z., B. Vykusová and J. Máchová (1991) Intoxications of Fish. Diagnostic Prevention and Therapy of Fish Diseases and Intoxications Manual, 270 pp.
 109. Torii, H., S. Sato, M. Hamaguchi, Y. Henmi and H. Yamashita (2010) The comparison of shell morphology and genetic relationship between *Meretrix lusoria* and *M. petechialis* in Japan and Korea. *Plankton Benthos Res.*, 5: 231-241.
 110. Vismann, B. (1996) The sulfide electrode and a set-up automatically controlling sulfide, oxygen and pH. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 204: 131-140.
 111. Wen, C. M., T. Sen, G. H. Kou and S. N. Chen (1994) Rickettsiaceae-like microorganisms in the cultured hard clam (*Meretrix lusoria* Roding). *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 20: 347-356.
 112. Yoosukh, W. and A. Matsukuma (2001) Taxonomic study on *Meretrix* (Mollusca: Bivalvia) from Thailand. *Phuket. Mar. Biol. Cent. Spec. Publ.*, 25: 451-460.
 113. Zhang, S. P., H. X. Wang and F. S. Xu (2012) Taxonomic study on *Meretrix* (Bivalvia, veneridae) from China seas. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37(3): 473-479.

中英文單位對照表

| 單位名稱 | 代號 | 說明 |
|--------|-------------------------------|---|
| 菌落形成單位 | CFU (colony-forming unit) | 單位體積中微生物之群落總數 |
| 毫米汞柱 | mm-Hg | 壓力單位，1 大氣壓 = 76 cm-Hg = 760 mm-Hg |
| 滲透壓 | mOsm/kg | 滲透壓單位，每公斤溶液中所含溶質的毫莫耳數 |
| 毫伏特 | mV (millivolts) | 電位單位，為氧化還原的電壓計量單位 |
| 微米 | μm (micrometer) | 長度單位，一微米為一百萬分之一米 |
| 二氧化碳分壓 | pCO ₂ | 溶於血淋巴中之二氧化碳所產生之壓力 |
| 氧分壓 | pO ₂ | 氧分子溶解於溶劑中所產生的壓力 |
| 實用鹽度單位 | psu (practical salinity unit) | 鹽度單位，指 1 公斤海水中溶解物質之總克數，其單位以千分比 (‰) 表示 |
| 百萬分點濃度 | ppm (parts per million) | 濃度單位，溶質質量佔全部溶劑質量的百萬分率，1 ppm = 1000 ppb = 1 $\mu\text{g/ml}$ |
| 十億分點濃度 | ppb (part per billion) | 濃度單位，溶質質量佔全部溶劑質量的十億分率，1 ppb = 1 $\mu\text{g/L}$ |
| 微克/毫升 | $\mu\text{g/ml}$ | 濃度單位，每毫升溶劑中所含溶質微克數 |
| 微克/公升 | $\mu\text{g/L}$ | 濃度單位，每公升溶劑中所含溶質微克數 |
| 毫克/公升 | mg/L | 濃度單位，每公升溶劑中所含溶質毫克數 |



國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

文蛤科學化養殖/朱惠真等著；秦宗顯，劉秉忠主編

— 基隆市：行政院農業委員會水產試驗所，民108.04

面：公分 — (水產試驗所特刊：第26號)

ISBN 978-986-05-8995-5 (平裝)

1.水產養殖 2.文蛤

438.663

108005468



文蛤科學化養殖

Scientific Management Practices in Hard Clam Aquaculture

發行人：陳君如

編輯委員：張錦宜、曾振德、許晉榮、葉信明、吳豐成、蔡慧君

主編：秦宗顯、劉秉忠

著者：朱惠真、宋嘉軒、李安進、周芷儀、周昱翰、林正輝、秦宗顯
陳高松、陳淑美、陳鴻議、黃振庭、黃慶輝、黃麗月、劉秉忠
鄧晶瑩、盧彥伶、蕭聖代 (依筆畫排列)

校稿：杜金蓮、許嘉閔、黃琮

編輯：李周陵

出版者：行政院農業委員會水產試驗所

地址：基隆市中正區20246和一路199號

電話：(02)24622101

傳真：(02)24629388

網址：<http://www.tfrin.gov.tw>

印刷：紙本館企業有限公司

電話：(02)25322032

定價：新臺幣 250 元

出版日期：中華民國一〇八年四月

展售處：

1. 五南文化廣場臺中總店 臺中市中山路6號 (04)22260330

2. 國家書店 臺北市松江路209號1樓 (02)25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

GPN 1010800518

ISBN 978-986-05-8995-5

本書內容保留所有權，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。





ISBN 978-9860589955

00250



9 789860 589955