

白棘三列海膽養殖管理 輔導暨水晶鳳凰螺飼料 蛋白質來源研究委託案

成果報告書

委託機關：澎湖縣政府農漁局

執行機關：國立嘉義大學 水生生物科學系

日期：中華民國 114 年 11 月 28 日

目錄

目錄	i
表目錄	iv
圖目錄	vi
履約標的	viii
工作進度	x
壹、前言	1
一、「白棘三列海膽養殖管理輔導」與「客製化海膽飼料生產及試驗」	1
目的	3
二、水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究	3
目的	6
貳、材料與方法	7
一、白棘三列海膽養殖管理輔導	7
(一) 輔導地點與時間	7
(二) 輔導方法	8
二、客製化海膽飼料生產及試驗	9
(一) 商業飼料量產	10
(二) 飼料育肥效益評估	10
(三) 統計方法	12
三、不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究	12
(一) 研究地點及設備	12
(二) 稚螺飼料研究	13
(三) 統計方法	21
四、附加研究-於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率	21

(一) 試驗前置準備	21
(二) 養殖試驗	22
(三) 育成率評估	22
(四) 統計方法	22
參、結果	23
一、白棘三列海膽養殖管理輔導	23
(一) 馬公市宏安養殖場	23
(二) 望安鄉岩川養殖場	34
(三) 七美鄉建興九孔養殖場	43
二、客製化海膽飼料生產及試驗	53
(一) 商業飼料量產	53
(二) 飼料育肥效益評估	54
三、水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究	56
四、附加研究－於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率	61
肆、討論	64
伍、結論	76
一、白棘三列海膽養殖管理輔導	76
二、客製化海膽飼料生產及試驗	76
三、不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究	76
四、附加研究－於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率	77
陸、建議	78
一、白棘三列海膽養殖管理輔導	78
二、客製化海膽飼料生產及試驗	78
三、不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究	79

四、附加研究—於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率	79
五、其它	79
柒、參考文獻	80
捌、服務建議書審查委員之建議與問題回覆	90
玖、期中報告書審查委員之建議與問題回覆	94
壹拾、期末報告書審查委員之建議與問題回覆	100
附錄 1—面訪記錄表	104
一、西衛宏安養殖場	104
二、望安岩川養殖場	112
三、七美建興九孔養殖場	120
附錄 2—白棘三列海膽不同體型之養殖密度與日餵食量參考	128

表目錄

表 1. 各輔導戶場域名稱、負責人、地址或衛星定位及聯絡方式	7
表 2. 水晶鳳凰螺稚螺 6 組不同蛋白質來源、等蛋白質脂質含量飼料	14
表 3. 馬公市宏安養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、 環境條件及餵食策略	24
表 4. 馬公市宏安養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者 執行情形	27
表 5. 望安鄉岩川養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、 環境條件及餵食策略	35
表 6. 望安鄉岩川養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者 執行情形	38
表 7. 七美鄉建興九孔養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖 模式、環境條件及 餵食策略	44
表 8. 七美鄉建興九孔養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及 業者執行情形	47
表 9. 飼料育肥效益評估雙因子變異數分析結果	54
表 10. 飼料育肥效益評估 Tukey HSD 事後檢定結果摘要	55
表 11. 飼料育肥效益評估生殖腺色澤評估結果	56
表 12. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組實驗飼料之成分分析	57
表 13. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組實驗飼料胺基酸組成分 析.....	58
表 14. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對 體末重、增重率、特異成長率和活存率之表現	59
表 15. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後的	

末殼長、增長率和軟組織體重比之表現	59
表 16. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對 內臟重、臟體比、肌肉重和肌體比之表現	60
表 17. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對 肌肉體組成之影響	61
表 18. 以不同底質養殖 70 日之水晶鳳凰螺稚螺的體濕重初、末重， 增重百分率以及特異生長率	63
表 19. 以不同底質養殖 70 日之水晶鳳凰螺稚螺的殼長初、末長，殼 長增長率以及活存率	63
表 20. 不同海膽之日攝食量 (%BW/day) 與影響因素比較.....	64
表 21. 各項研究探討海膽養殖密度之標準	66

圖目錄

圖 1. 2012~2023 年臺灣地區海膽進 / 出口總量與價值趨勢	1
圖 2. 養殖戶面訪記錄表	8
圖 3. 養殖戶每日管理與餵食記錄表	9
圖 4. 水晶鳳凰螺殼長、殼寬及殼高測量方法	15
圖 5. 湖西鄉漢群養殖場建廠狀況	23
圖 6. 馬公市宏安養殖場海膽養殖環境與設備。A~C 養殖池全貌；D 池壁與池底構造；E 水門；F 浮動平台與固定的箱網	25
圖 7. 113 年 12 月 30 日事前訪視馬公市宏安養殖場日常管理方法與 飼料投餵策略。A 同時餵食飼料與藻類；B 利用工具將腐壞飼 料直接擠出箱網；C 擠壓飼料後混濁的池水	26
圖 8. 箱網中未清除乾淨的剛毛藻	30
圖 9. 馬公市宏安養殖場硬式箱網受附著藻與水流影響變形。A 正常 箱網；B~D 箱網因網孔被繁生的附著藻堵住又受漁塭水流影響 而變形；E~F 高度集中的海膽被同類啃食而死	31
圖 10. 馬公市宏安養殖場將硬式箱網全數更換為塑膠搬運箱。A 浮 動平台固定塑膠搬運箱；B~D 規格不等的塑膠搬運箱；D 海 膽鑽到黑色塑膠網下；E 海膽將黑色塑膠網掀起；F 鑽到網下 而受傷的海膽	32
圖 11. 馬公市宏安養殖場用於養殖新進稚膽的塑膠搬運箱	32
圖 12. 馬公市宏安養殖場暫以蕨藻餵食稚膽	33
圖 13. 望安鄉岩川養殖場海膽養殖環境與設備。A, B 室外養殖池；C 沙石堆積於室外養殖池水門；D 室外池水體隨退潮流出；E 室 內養殖場外觀；F 室內養殖場內部配置；G 室內養殖場 PE 儲 水塔；H 室內養殖場水源與抽水泵浦	36

圖 14. 望安鄉岩川養殖場養殖海膽之水槽。A 本用於培養麒麟菜的 FRP 桶； B 塑膠水塔養殖槽	40
圖 15. 望安鄉岩川養殖場新架設的白色方型水槽	40
圖 16. 望安鄉岩川養殖場將報廢的臥式熱水器改造為海膽養殖槽	41
圖 17. 望安鄉岩川養殖場飼料投餵前先剪成小塊	41
圖 18. 望安鄉岩川養殖場 3 訪時新取得的平底養殖槽	42
圖 19. 望安鄉岩川養殖場業者以抽底方式去除海膽殘餌與糞便	43
圖 20. 七美鄉建興九孔養殖場海膽養殖環境與設備。A, B 室外養殖場；C 室外養殖場的遮陽網；D 室內養殖場；E 水泥池構造；F 海膽養殖區	45
圖 21. 七美鄉建興九孔養殖場以龍鬚菜作為海膽主要餌料	46
圖 22. 七美鄉建興九孔養殖場陰天時仍使用遮陽網	50
圖 23. 七美鄉建興九孔養殖場買入昆布填補龍鬚菜缺貨時期	51
圖 24. 海膽商業飼料	53
圖 25. 飼料育肥效益評估不同餵食方法對海膽生殖腺指數之影響	55
圖 26. 飼料育肥效益評估以色卡對海膽生殖腺色澤進行判別	56
圖 27. 不同底質環境養殖水晶鳳凰螺稚螺 70 日對殼長成長之影響。 ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$	62
圖 28. 不同底質環境養殖水晶鳳凰螺稚螺 70 日對體濕重成長之影響	62

履約標的

一、廠商應給付之標的及工作事項

(一) 海膽養殖管理輔導

1. 透過公開徵選方式，於規劃時間內選定在地示範輔導對象至少 3 戶。
2. 依據各養殖戶場域，給予合適之養殖管理建議。
3. 評估各養殖戶適合使用之飼料類型。
4. 根據養殖管理模式、飼料類型，提供適當的飼料投餵策略。
5. **期中報告：**需完成 3 戶養殖輔導戶選定，規劃訪視及輔導工作。
6. **期末報告：**完成養殖戶輔導作業，提交完整輔導紀錄，並提出適用各輔導戶之海膽飼料操作模式建議。

(二) 客製化海膽飼料生產及試驗

1. 針對養殖輔導戶養殖場域評估，生產客製化飼料。
2. 依養殖輔導戶養殖規模，提供相對應的試驗飼料量。本 (114) 年度所有輔導戶累計總量需達 3,000 公斤。
3. **期中報告：**需分析本案輔導戶現場海膽飼育設備及投餵餌料模式，研發適合輔導戶養殖模式之飼料至少 1 式，並規畫試驗流程，與至少 1 戶輔導戶合作進行飼料成效評估試驗。
4. **期末報告：**需完成客製化海膽飼料研發及試驗，並提交完整試驗報告。

(三) 不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究

1. 以實驗配方飼料進行水晶鳳凰螺飼食試驗，並評估成長效益。
2. 成果報告需證明實驗飼料之有效性，試驗結果呈現後，需提出

最佳結果之飼料成分組成及成長報告。

3. **期中報告**：需完成水晶鳳凰螺實驗飼料試驗研究流程設計，並著手進行養殖試驗。
4. **期末報告**：需完成水晶鳳凰螺人工飼料研發及試驗，並提交完整試驗報告。

(四) 成果報告書

1. 成果報告書一式 3 份 (建議以彩色雙面列印) 及相關資料電子檔案 1 份。
2. 報告書格式：所有報告書之編撰以中文為主，度量衡單位以公制為原則，標示需符合慣例，所引用之資料需註明來源，報告書規格式樣採 A4 大小，29.7 cm × 21 cm 印刷裝訂 (書背須標明該項計畫名稱)。各階段報告書及結案報告書內容均須以電腦編輯，報告書內容文字檔應以 *.doc 或 *.pdf 檔格式存取，或採用 Microsoft word 新版繕打，報告內容附圖者，須以 *.Jpge 或 *.Jpg 圖檔格式存取並整合於計畫內容，其報告書內容資料不得少於 20 頁 (建議以彩色雙面列印)。
3. 電子檔繳交可使用 USB 隨身碟作為儲存媒體或燒錄於光碟內。

附加研究一於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率
分別於有無底質之飼育缸養殖水晶鳳凰螺，評估對育成率影響。

二、機關辦理事項

試驗所需水晶鳳凰螺，得由本縣水產種苗繁殖場提供或協助取得。

工作進度

工作項目		民國 114 年					
		06	07	08	09	10	11
一	製作投標簡報資料、參加評審會議及議價						
二	契約書簽訂及繳交工作計畫書						
三	相關文獻蒐集與彙整	 	 	 	 		
四	進行輔導工作	 	 	 	 		
五	客製飼料製作	 	 	 	 	 	
六	輔導資料統整與效益評估				 	 	
七	取得實驗稚螺	 					
八	稚螺飼料製作	 					
九	稚螺飼食試驗、數據收集	 	 	 			
十	稚螺底質試驗		 	 	 		
十一	飼料、成長效益分析		 	 	 		
十二	期中、期末報告及簡報	 				 	
十三	成果報告書繳交						 

※  = 預期進度；  = 實際進度

說明：因計畫決標與契約書簽訂時間受行政流程推遲，此計畫於本校立案、申請第一期款等一應流程同受延宕，使海膽養殖輔導工作開始時間晚於預期。

壹、前言

本計畫共有 3 項標的與 1 項附加研究，前兩標的「海膽養殖管理輔導」，與「客製化海膽飼料生產及試驗」具相仿之目標，於下文中與另一標的「不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究」及附加研究「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」，分別進行執行動機以及目的之敘述。

一、「白棘三列海膽養殖管理輔導」與「客製化海膽飼料生產及試驗」

根據農業部漁業署漁業統計年報顯示，臺灣海膽進口量自 2013 年至 2015 年急遽攀升，而後至 2022 年間維持在 100~130 噸之間，到 2023 年又有上升現象，貿易成本則穩定且持續的增高，從 2013 年的 17 USD/kg 到 2023 年已高達 94 USD/kg，出口卻從 2017 年起便再無紀錄 (圖 1) (農業部漁業署，2025)，顯示國內海膽消費市場

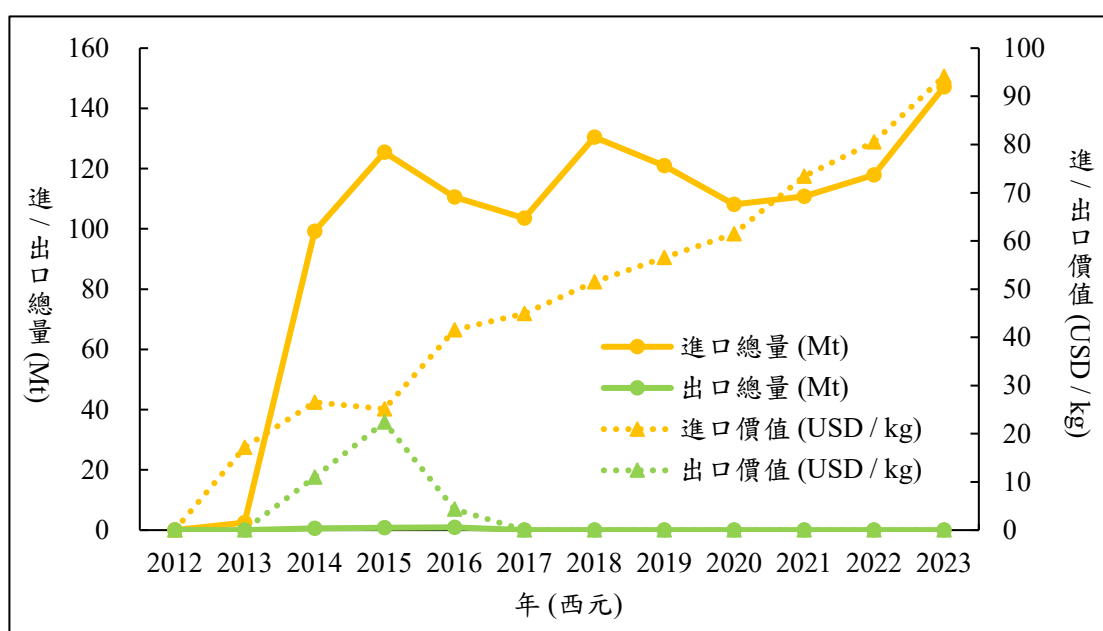


圖 1. 2012~2023 年臺灣地區海膽進 / 出口總量與價值趨勢

與日俱增，但產量不穩定、供不應求，故需大量倚賴進口。白棘三列海膽 (*Tripneustes gratilla*) 係本國常見之食用海膽，澎湖及本島東

北角為較大產地，幾乎依靠野外採捕，無法穩定且大量產出，為滿足市場需求而被大量捕撈，已有過漁現象，需進行復育，而要有既顯著又長久之成效，放流、限漁以及提高人工產量等措施應齊頭並進，當中，提高人工產量的方法，在已有妥善之繁養殖技術，與具備足夠消費市場的當下，需要的是輔導漁民投入產業、增加產量。

養殖的單位面積產量與規模，需大量依賴來源穩定且營養的商業飼料，本研究室於 112 年度執行「白棘三列海膽人工飼料委託案」(案號：AF-112-06)，與 113 年執行「白棘三列海膽各生長階段商業飼料生產研究委託案」(案號：AF-113-10)，連續兩年度對本種不同發育階段之飼料配方進行研究，得知稚膽時期蛋白質的適當含量為 25 %、能量以 3.48 Kcal/g 為佳、礦物質預混物應達 9 %、添加 β -胡蘿蔔素有助於殼徑成長，而成膽時期的蛋白質合適含量為 25 %、添加 1 % 的大豆卵磷脂有助於生殖腺育肥、添加 250 ppm 以上的食用香精即能改變生殖腺風味，兩發育階段皆能接受純植物性的蛋白質來源，添加褐藻粉更有助於成長，但若僅使用大豆粉會抑制生長，另有其它文獻指出脂質的適當含量應小於 3 % (Kennedy & Robinson, 2007)。上述成果已足夠作為商業飼料生產之參考依據，雖仍有諸多可研究項目，但唯有實際投入現場養殖，方能根據使用者反饋進行有效率的改良。

澎湖縣的白棘三列海膽於每年 7、8 月開放捕撈，常吸引大量遊客前往嘗鮮，縣政府為使海洋資源能永續發展，近年開始輔導業者從事本種人工養殖，並根據本研究室研發之飼料配方，與廠商合作，將商業飼料初步投入現場使用，目前採取的養殖模式，多為稚膽階段餵食大型藻類、成膽餵食生殖腺育肥飼料，然而過去以天然藻類作為餌料的餵養經驗，完全不適用於飼料，又當地養殖戶多採室外

陸上箱網養殖，錯誤的投餵策略，常導致殘餌堵住網孔、大量堆積於池底與池縫，影響水流交換、嚴重敗壞水質，導致成膽大量死亡，而漁民為減少損失只能付出更多時間頻繁換水，但收效甚微，故本研究擬與當地輔導機關合作，根據執行實驗時的飼食經驗，結合各養殖戶的養殖模式與設備條件，提供適當的養殖管理方法。

目的

本計畫與澎湖縣水產種苗繁殖場（澎湖水產種苗場），共同討論、尋求合作輔導戶 3 戶（含）以上，根據各業者作業環境、條件，給予合適之養殖管理與投餵策略建議，並穩定提供適用於各場域粒徑大小的商業飼料，再藉由現場親訪，持續追蹤各戶受輔後成效及需求，適當調整建議內容，以期縮短本種的上市時間、減少成本，而養殖戶在現場反應的狀況，將可作為繁養殖以及飼料營養未來研究方向的參考依據。

二、水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究

海洋螺類係優良的蛋白質來源，作為養植物種具有重要的經濟價值，其繁養殖技術的研發亦有助於降低野生族群的捕撈壓力 (Brito-Manzano and Aldana-Aranda, 2013)。

水晶鳳凰螺 (*Laevistrombus canarium*) 在臺灣俗稱「嬌丫螺」，其腹足鮮美有彈性，深受許多饕客喜愛，為東南亞地區的主要食用螺類之一。以本國澎湖地區為例，年捕撈量在 3 公噸以上，市價達每公斤 450 元 (海洋保育署，2022)，在水產貿易上有重要的經濟價值，但目前市售來源幾乎為野生捕撈，產量日漸減少，已有過度捕撈現象，加上其壽命只有 2~2.5 年 (Cob *et al.*, 2009)，能參與繁殖的

機會有限，導致天然種群密度銳減，因此除了進行資源管理外，養殖技術開發同為重要的工作項目。

現階段水晶鳳凰螺的養殖研究可以區分為兩大類，一為研究幼生的繁養殖，另一則為研究食性與飼料營養需求，國內澎湖水產種苗場已能生產種苗，國外也有不少幼生繁養殖的文獻 (Garcia-Santaella and Aldana-Aranda, 1994; Brito-Manzano *et al.*, 1998; Brito-Manzano *et al.*, 2000; Cob *et al.*, 2009a; Brito-Manzano and Aldana-Aranda, 2013; Muzahar and Hakim, 2018)，目前國內有學者使用魚粉作為蛋白質來源，確立本種的蛋白質含量需求是 46.41%，而魚粉因具有高蛋白質，胺基酸組成良好，富含高度不飽和脂肪酸與微量元素，以及具誘引性，且適口性佳等優點，長久以來一直是水產飼料的主要原料之一 (Amaya *et al.*, 2007; Zhu *et al.*, 2011)，但隨著漁業資源被過度利用，漁獲量下降，致使其產量減少，價格從西元 2000 年的 452 USD / Mt，上漲到 2021 年的 1,600 USD / Mt，且漲勢持續 (FAO, 2022)，而養殖業中，飼料本就佔總成本的 60 % 以上，原物料費用上升帶來的影響，將反映在養殖從業者的經營壓力上，故而有需要增加蛋白質來源的選擇，降低對單一原料的依賴性。

蛋白質來源相當多樣，主要能分為動物性與植物性，動物性蛋白除魚粉外包括烏賊 (內臟) 粉、干貝內臟粉、肉骨粉、血粉、羽毛粉、昆蟲粉等等，營養價值和蛋白質含量普遍較高，且加工衍生出的副產品通常也比魚粉便宜、穩定，但畜副產品因其脂肪含量、飽和脂肪酸和灰分比例較高，可能降低養殖物種的利用效率 (Nandakumar *et al.*, 2013)，故水產飼料較常使用水產副產物的烏賊 (內臟) 粉，與干貝內臟粉，而昆蟲因易於繁殖和成長，具有高飼料轉化效率，並可使用食品或農業廢棄物飼養，作為原料亦為可行方

法之一，現較常用於飼料的有黑水虻 *Hermetia illucens*、家蠅 *Musca domestica*、黃粉蟲 *Tenebrio molitor*、直翅目昆蟲 Orthoptera、蠶蛹粉 silkworm pupae meal 等 5 種，其中黑水虻因屬食腐動物，能以廚餘、屍體、糞便及有機廢棄物為食，可抑制類似習性的蠅蛆生長，又隨著餵食來源的不同，蛋白質含量可介於 33~41 %、脂質含量能介於 30~34 % (Spranghers *et al.*, 2016; Shumo *et al.*, 2019)，具取代魚粉之潛力；植物性蛋白則有大豆粉、紫蘇粉、羽扇豆粉、玉米酒糟粕、大型藻粉、微細藻粉等等，其價格低廉、產量穩定，且環境永續性佳，為替代動物性原料的重要方向，當中，大豆粉已普遍添加在多種養殖生物的商業性飼料中，而紫蘇粉為榨油後之副產物，富含蛋白質、不飽和脂肪酸（特別是 α -亞麻酸）及多種酚類與黃酮類活性化合物，包括具抗發炎與免疫調節作用的木犀草素 (luteolin)，兼具營養與功能性 (Lee *et al.*, 2013; Meng *et al.*, 2009; Ueda *et al.*, 2002)，有研究顯示，添加 5% 的紫蘇籽粉於尖吻鱸 (*Lates calcarifer*) 飼料中，不影響其成長與飼料利用效率，而紫蘇油作為脂質來源時，已被證實能提升尼羅口孵非鯽 (*Oreochromis niloticus*) 的 ω -3 脂肪酸含量 (Carbonera *et al.*, 2014)，並可強化中國大鯢 (*Andrias davidianus*) 的抗氧化能力與免疫反應 (Guo *et al.*, 2023)，顯示紫蘇相關產物具有作為替代性原料之潛力。綜上所述，本研究取動物性蛋白質來源的烏賊（內臟）粉、干貝內臟粉、黑水虻幼蟲粉，以及植物性蛋白質來源的大豆粉與紫蘇粉，進行本種飼料蛋白質來源實驗。另外，飼料餵養試驗為減少變因，係以裸缸進行養殖，然考量本種天然棲地為沙泥底，不符習性的底質條件，是否左右研究結果尚不可知，故增設附加研究「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」，探討底質有無對本種養殖育成之影響。

目的

本研究以魚粉作為控制組，設定烏賊（內臟）粉、干貝內臟粉、黑水虻幼蟲粉、脫脂大豆粉及紫蘇粉為實驗組，共 6 組進行不同蛋白質來源試驗，探討對水晶鳳凰螺稚螺成長與活存之影響，並增設附加研究，了解有無底質是否左右本種養殖育成率，以作為商業飼料配方設計，以及養殖場域規劃之參考。

貳、材料與方法

下文依序對「白棘三列海膽養殖管理輔導」、「客製化海膽飼料生產及試驗」、「不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究」及「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」，進行材料來源與研究方法之敘述。

一、白棘三列海膽養殖管理輔導

此項計畫由本研究室與澎湖水產種苗場，採公開徵選，並共同討論、選定在地示範養殖戶，進行白棘三列海膽養殖管理輔導，輔導地點與時間、輔導方法以及效益評估方法如下所述：

(一) 輔導地點與時間

截至 114 年 07 月 23 日，本研究室與澎湖水產種苗場共選定 4 戶養殖戶，做為示範輔導對象，各輔導戶的場域名稱、負責人、管理人、地址或衛星定位及聯絡方式如表 1 所示，2 戶分別位於當地本島的西衛里與成功村、1 戶位於離島的望安鄉、1 戶位於離島的七美鄉，自 114 年 07 月 28 日起至同年 10 月 17 日止，每月前往各輔導戶之養殖場域進行現地訪視一次。

表 1. 各輔導戶場域名稱、負責人、地址或衛星定位及聯絡方式

場域名稱	負責人	管理人	地址或衛星定位	聯絡方式
宏安養殖場	張宏尉	許家維	澎湖縣馬公市西衛里 693 號	0927-295-559
漢群養殖場	李洪春藤	李漢群	澎湖縣湖西鄉成功村 46-7 號	0928-690-113
岩川養殖場	王長壽	同負責人	澎湖縣望安鄉中社村 60-2 號	06-999-1440
建興九孔養殖場	李建興	同負責人	澎湖縣七美鄉平和村 64-2 號	0928-197-269

(二) 輔導方法

初次拜訪各業者，皆先行了解其當前養殖管理模式，內容包含種苗來源，養殖場總面積、海膽養殖總面積等場地規模資訊，室內外養殖、養殖池類型、養殖用水取得辦法等養殖模式資訊，水溫、鹽度、光照條件、水深、換水量等養殖條件資訊，飼/餌料投餵占比、飼/餌料來源、餵食頻率、日餵食量、日殘餌量、殘餌處理方式等投餵策略資訊，育成耗時、實際售出個體數、總進苗個體數等育成率資訊，育成時間，售價，損耗情形及業者親自口述狀況等，再由我方根據上述資訊提供合適之管理方法與餵食策略，接著一併統整至面訪記錄表（圖 2），而各個受輔導業者須每日落實填寫養殖戶每日

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫 養殖戶面訪記錄表	
面訪日期/時間：_____ 面訪次數：_____ 記錄人：_____	
養殖場名稱：	負責人姓名：
地址：	海膽養殖資歷：
場地規模：海膽養殖面積/總面積	種苗來源/買價：
養殖模式：室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水	
養殖條件：水溫【 】、鹽度【 】、光照【 】、 水深【實際養殖水深/池水總深】、換水量【 】	
投餵策略：飼料/餌料（___）/飼/餌料來源【 / 】 餵食頻率【 】、日餵食量【 】、 日殘餌量【 】、殘餌處理方式【 】	
生殖腺育肥成效：起始級徑、體重/目標體重/育肥方法/育肥耗時	
育成率：育成耗時/實際售出個體數/總進苗個體數	售價：
損耗情形：大量死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述：	

1

輔導建議：	
每月記錄1次體重(g)：_____ 生殖腺重(g)：_____ GSI(%)：_____	
各項建議執行度（面訪2次含以上後填寫）：	
建議事項	是否執行 是 否

受訪人簽章：_____ 記錄人簽章：_____

注意事項： 1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。
2. 受訪記錄表1式2份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期間內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰蝦飼料蛋白質來源研究計畫
案號：AF-114-31 委託單位：澎湖縣政府農漁局
執行單位：國立嘉義大學 水產生物科學系 計畫主持人：朱建宏

2

圖 2. 養殖戶面訪記錄表

管理與餵食記錄表（圖 3），供本研究室掌握各戶情形，以及後續回訪用參考資料，再從養殖戶對我方給予建議之執行狀況及其試行後感想、需求，和意見，適時調整管理辦法並記錄之。

白棘三列海膽養殖管理輔導—養殖戶每日管理、餵食記錄表					
養殖場名稱：			管理人：		
日期 (114年)：		各時段天氣狀況：	時間+天氣		
海膽養殖總量：		分養池數/每池箱網數：			
餵食： ☐ 飼料 ☐ 餌料		總餵食量(公斤)：	飼料 / 餌料	殘餌量(%)：	飼 / 餌
是否清除殘餌： ☐ 是 ☐ 否		水質狀況： ☐ 普通 ☐ 惡化		死亡狀況(顆)：	
養殖場域狀況描述：					
例：氣候狀況(颱風、寒流、大浪.....)、海膽攝食狀況(完食、都沒吃、挑食.....)、 水質狀況(油沫、混濁.....)、死亡個體特徵(有斑點、掉棘、殼易碎、內部腐臭、內部 無生殖腺.....)、海膽健康狀況(排精卵、精神不佳、掉棘.....)					

白棘三列海膽養殖管理輔導—養殖戶每日管理、餵食記錄表					
養殖場名稱：			管理人：		
日期 (114年)：		各時段天氣狀況：	時間+天氣		
海膽養殖總量：		分養池數/每池箱網數：			
餵食： ☐ 飼料 ☐ 餌料		總餵食量(公斤)：	飼料 / 餌料	殘餌量(%)：	飼 / 餌
是否清除殘餌： ☐ 是 ☐ 否		水質狀況： ☐ 普通 ☐ 惡化		死亡狀況(顆)：	
養殖場域狀況描述：					
例：氣候狀況(颱風、寒流、大浪.....)、海膽攝食狀況(完食、都沒吃、挑食.....)、 水質狀況(油沫、混濁.....)、死亡個體特徵(有斑點、掉棘、殼易碎、內部腐臭、內部 無生殖腺.....)、海膽健康狀況(排精卵、精神不佳、掉棘.....)					

1

圖 3. 養殖戶每日管理與餵食記錄表

二、 客製化海膽飼料生產及試驗

本標的具有兩項目標，第一項「商業飼料量產」，將根據各戶飼育設備、投餵餌料模式及業者意見，統一飼料規格並生產予各輔導戶使用，而第二項「飼料育肥效益評估」，挑選一戶輔導戶合作，進行本種成膽攝食大型海藻與飼料對生殖腺育肥成效差異之研究，詳細敘述如下。

(一) 商業飼料量產

113 年 12 月澎湖水產種苗場與協益飼料股份有限公司 (協益飼料公司) 合作，參考本實驗室兩年度飼料配方研發成果，以石斑魚 9 號料 (粒徑 25 mm) 為模板，生產初代海膽商業飼料，分予各養殖業者試用，本研究室根據上一標的「白棘三列海膽養殖管理輔導」中，各輔導戶對初代飼料的使用反饋與建議，再同各位業者討論出彼此皆認為最合適之規格，作為委託飼料商進行新一代飼料量產之依據，並依履約標的，於 10 月 31 日前提提交總量 3,000 kg 的商業飼料予澎湖水產種苗場。

(二) 飼料育肥效益評估

1. 合作業者選定

本實驗室自 114 年 01 月起，便持續供給各式形狀、大小飼料予本案輔導戶馬公市宏安養殖場，用以餵食本種成膽測試適口性，該場對飼料使用具有較多心得，且位於澎湖縣本島，交通便利性較佳，故與其進行合作。

2. 實驗時間與方法

本實驗旨在比較餵食商業飼料和天然藻類對海膽生殖腺育肥速度的影響，研究原先規劃為持續 7 週，但合作的養殖戶因內部工作交接不順利，導致試驗個體全數死亡，故將實驗週期調整為 4 週，自 114 年 09 月 24 日 (Day 0) 起至同年 10 月 15 日結束，共 28 天，使用兩個直徑約 40 cm，水深約 30 cm，孔徑長約 3 cm、寬約 1 cm 的黑色圓形塑膠籃，固定在同一個養殖池中的相同位置進行飼食試驗，Day 0 從業者餵食藻類 3 個月

以上的海膽中撈取 23 個體，再從中隨機挑選 3 個體，解剖取生殖腺，計算生殖腺指數作為初始值，接著將餘下的 20 個體分為飼料組與藻類組，每組 10 個體，接著每日分別投餵澎湖水產種苗場提供之海膽商業飼料，與業者自行採集之藻類，每 7 日從兩塑膠籃中隨機挑選 2 個體，進行殼徑、體濕重及生殖腺濕重量秤，並記錄生殖腺呈色。

3. 效益評估方法

實驗結束後，以生殖腺指數 (Gonadosomatic index, GSI)，作為效益評估之辦法，而生殖腺色澤因同為影響海膽賣相之重要因素，故亦會進行呈色評估，作為飼料改良判斷之依據。

(1) 生殖腺指數分析：

生殖腺重量相對於整體重量的百分比，用於比較海膽攝食飼料與藻類，兩種不同處理方式對生殖腺育肥速度之影響。計算方式如下：

$$\text{GSI (\%)} = \frac{\text{Gonad tissue weight (g)}}{\text{Final body weight (g)}} \times 100$$

(2) 生殖腺色澤評估：

生殖腺指數分析中，被解剖取出的生殖腺秤完濕重後，立刻以德國國家品質保證暨標示委員會 (Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung, RAL) 的標準色卡，對色澤進行判別並記錄色號，僅用於確認本種攝食飼料與藻類是否會引起生殖腺呈色之差異。

(三) 統計方法

以獨立樣本 T 檢定 (Independent Samples T-Test) ，比較實驗後第 0 日隨機分組後的飼料組與藻類組，在初始殼徑與體濕重之平均值上是否具有顯著差異，測試試驗前的基礎條件是否具備同質性。而檢驗商業飼料與天然藻類，隨著餵食日數累積對海膽生殖腺指數之影響，則採用雙因子變異數分析 (Two-way ANOVA) ，將 GSI 設定為應變數，餵食飼料或藻類的處理方式與實驗週數為獨立變數，檢定效應包含：「處理方式主效應」，比較餵食商業飼料與藻類對生殖腺指數是否存在整體上的顯著差異；「實驗週數次主效應」，檢定生殖腺指數是否隨實驗日期推移而有顯著變化；「交互作用效應」，檢定餵食商業飼料與藻類，對生殖腺指數的影響是否隨實驗日數不同而有差異。若交互作用顯著，表示飼料與藻類對本種育肥速度存在顯著差異 ($p < 0.05$) ，使用 Tukey's HSD 進行事後檢定，釐清不同飼料與不同週次組合之間的確切差異。所有統計分析均設定顯著水準 $\alpha = 0.05$ 。

三、不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究

(一) 研究地點及設備

研究於國立嘉義大學水生生物科學系水產養殖研究中心執行，使用規格為長 × 寬 × 水深 = 56 × 56 × 30 cm、水體約 90 L 的 FRP 飼育槽，進行實驗前置準備與養殖試驗，各個飼育槽配有共用的循環過濾系統，具備物理過濾、生物過濾、蛋白除沫、紫外線殺菌、水溫調節與監控、有機物與重金屬吸附等功能，大至整個系統、小至獨立飼育槽皆可任意開關和調節水閥，選用循環水養殖或靜水養殖模式。

(二) 稚螺飼料研究

本試驗探討不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺稚螺的成長與存活率之影響，目的為了找出其它可利用的蛋白質來源，減少魚粉在飼料上的運用。

1. 飼料配方與製作

設計 6 組實驗，飼料配方如表 2。實驗中利用不同的蛋白質來源，分別為魚粉 (Fish meal, FM)、烏賊粉 (Squid meal, SQM)、干貝內臟粉 (Scallop liver meal, SCM)、脫脂大豆粉 (Soybean meal, SBM)、紫蘇粉 (Perilla meal, PM) 和黑水虻幼蟲粉 (Black soldier fly larvae meal, BSFL)，配製成等蛋白、等油脂的飼料，其成分包含各種蛋白質、 α -澱粉、大豆卵磷脂、酵母、礦物質預混物、維生素預混物與 α -纖維素，使用酪蛋白調整蛋白質比例，再利用油脂 (魚油：大豆油，w / w = 2：1) 調整能量，並以糊精作為黏著劑。將上述飼料配方以雙手攪拌均勻，加水並使用機器攪拌成團，接著利用擠粒機擠出飼料，再置入烘箱以 39.5 °C 進行烘乾，乾燥時間約為 8 小時，飼料於乾燥期間約 2 小時進行一次翻面，確保飼料各面均有確實乾燥。

2. 稚螺來源與試驗前置準備

實驗稚螺由澎湖水產種苗場繁殖，養殖至殼長 15~20 mm 後，採空運及陸運方式，寄送至本試驗研究地點，運送期間無損耗共取得 1,050 個體，接著置於 5 個飼育槽中，密度約 7 inds. / 100 cm²，以循環水模式蓄養 4 週，再用對照組飼料馴養 1 週，最後經過 1 週空腹，使所有個體的生理水平達一致，即開始分組試驗，前置準備期間存活率為 100 %。

表 2. 水晶鳳凰螺稚螺 6 組不同蛋白質來源、等蛋白質脂質含量飼料

raw material \ Group	Control (FM)	SQM	SCM	SBM	PM	BSFL
Fish meal	36	0	0	0	0	0
Squid meal	0	52.5	0	0	0	0
Scallop liver meal	0	0	45.35	0	0	0
Soybean meal	0	0	0	54.1	0	0
Perilla meal	0	0	0	0	63.3	0
BSFL meal¹	0	0	0	0	0	51.5
Casein	25	25	25	25	25	25
Oil²	9.05	9.39	4.02	10.83	5.17	3.47
Lecithin	1	1	1	1	1	1
Yeast	1	1	1	1	1	1
α-starch	3	3	3	3	3	3
Dextrin	2	2	2	2	2	2
Vitamin premix	1	1	1	1	1	1
Mineral premix	1	1	1	1	1	1
α-cellulose	20.95	2.51	16.63	1.87	8.33	11.43

單位：重量百分比；¹BSFL meal：Black soldier fly larvae meal；²Oil (Fish oil：Soybean Oil = 2：1)

3. 養殖試驗

本研究於 114 年 06 月 02 日進行分組，並將當日定為實驗後第 0 日，進行至同年 07 月 28 日，共 56 日，試驗採 3 重複，分為 6 組，共 18 個實驗缸，每缸放養 10 個體，從平均殼長 16.93 ± 3.15 mm (n = 30) 的 1,050 個蓄養稚螺中，挑選 180 個殼長相近，且殼表無損傷、活動力良好之個體進行試驗，自實驗後第 0 日 (含當日) 起，每 14 日先進行養殖槽清洗，再測量所有個體

之殼長、殼寬、殼高 (圖 4)及秤量體濕重，每次秤重須先將螺殼表面水分擦乾，盡量降低誤差，作業完成後盡速將個體放回缸中，量秤當日與前一日皆停止飼食，而實驗後第 1 日起，除停餵日外，先個別收集每缸昨日剩餘的殘餌，再清除糞便與換水 1/2 水體，並在中午 12 點前完成飼料餵食，且一律採過量投

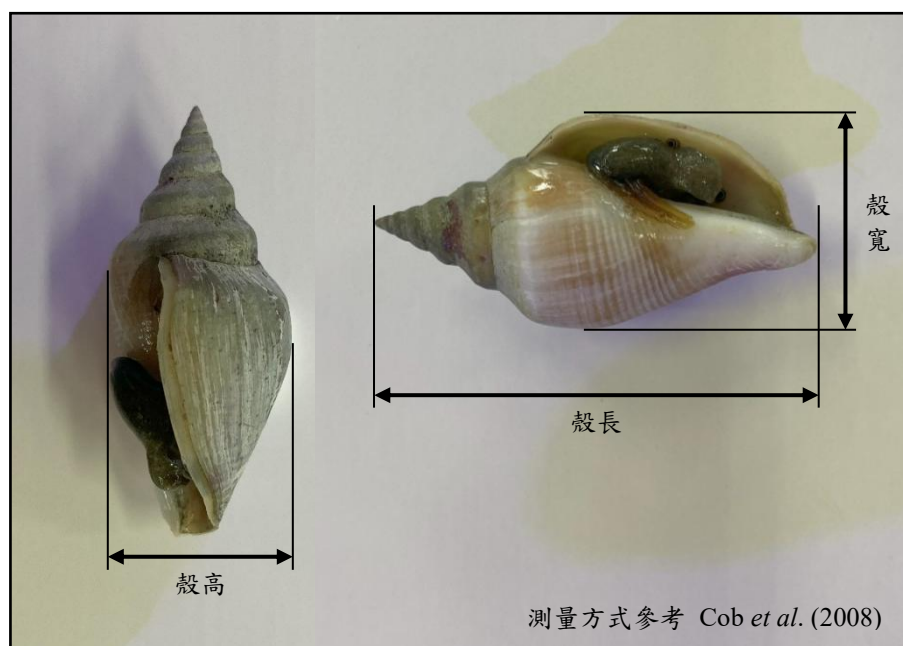


圖 4. 水晶鳳凰螺殼長、殼寬及殼高測量方法

餵，試驗期間以靜水養殖，水溫維持在 $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，鹽度維持在 $32 \pm 2\text{‰}$ 。

4. 飼料及成長效益分析方法

(1) 飼料分析

分析項目包含水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纖維以及粗灰分，具體操作流程及計算公式如下：

(1)-1. 水分分析

飼料樣品使用水分分析儀 (MOC63u, Shimadzu) 進行測定，條件為自動分析模式，極限溫度為 110°C ，單位顯示為

GRAM，精秤至小數點後三位。先將無灰濾紙 (NO.2 90 mm, Advantec) 烘乾至恆重後記錄重量，之後將剝碎之飼料置於濾紙中開始分析，記錄開始分析與分析結束後之重量。

水分計算公式如下：

$$\text{水分 (\%)} = [(W1-W2) / (W1-W0)] \times 100$$

W0：秤量皿恆重 (g)；無灰濾紙恆重 (g)

W1：秤量皿 + 樣品重 (g)；無灰濾紙恆重 + 樣品重 (g)

W2：W1 乾燥至恆重 (g)

(1)-2. 粗蛋白分析

參考 A.O.A.C.(1995) 分析方法，將精秤 0.5 g 已乾燥之樣品放入凱氏氮分解管中，並在各管放入 1.5 g 催化劑(硒 Se：硫酸銅 CuSO_4 ：硫酸鉀 K_2SO_4 =1：9：90)與 18 ml 濃硫酸，之後放上凱氏氮分解爐 (STH-6, Block digestion system)，蓋上抽氣蓋，以 400°C 進行消化分解，當管內溶液為澄清藍綠色時，再加熱 30 分鐘後，即完成分解步驟。待分解管冷卻後，沿管壁加入些許蒸餾水，待混合且反應不劇烈後，將其倒入已裝有 100 ml 蒸餾水的 250 ml 定量瓶中，並反覆沖洗消化管，確保所有分解液均收入瓶內，待瓶內反應緩和、溫度達室溫後，使用蒸餾水定量至 250 ml 即完成分解步驟。使用定量吸管吸取分解液(約 50~100 ml)，注入快速含氮蒸餾裝置 (CB-ND II, Kjeidahi nitrogen distillation)，隨後加入 50% 氫氧化鈉溶液，加熱蒸餾 7 分鐘，以含有 300 μl 指示劑 (Methyl red：Methylene blue=30：50) 的 40 ml 4% 硼酸接收液吸收銨水。蒸餾後的硼酸接收液以 0.1 N HCl 進行滴定，樣品顏色呈

淡紫色時，即達滴定終點。

粗蛋白計算公式如下：

粗蛋白 (%) =

$$1.4006 \times (0.1N \text{ HCl} / 0.1) \times A \times 250 / 50 \times 100 / B / 1000 \times 6.25$$

A：樣品滴定數 (ml)

B：樣品重 (g)

(1)-3. 粗脂肪分析

飼料粗脂肪為乙醚抽出物，分析之前，將所有實驗器具 (索氏萃取器、圓底燒瓶) 清洗並放入 106 °C 烘箱中乾燥以除去水分，接著將圓底燒瓶置於真空乾燥器中待冷卻後，記錄恆重之圓底燒瓶重量。精秤 0.5 g 之乾燥樣品，以無灰濾紙 (NO2. 90 mm, Advantec) 包覆，置於圓筒濾紙內，隨後放入索氏萃取器中，再將索氏萃取器與圓底燒瓶連結，並倒入 150 ml 乙醚後，接上索氏冷凝管並開啟冷凝裝置 (20°C)，置於加熱槽 (50°C) 迴流 12 小時。萃取 12 小時後，取出圓底燒瓶放置於抽氣櫃中，以去除圓底燒瓶中殘留的乙醚，再放入烘箱約 30 分鐘以去除水分，最後進行秤重。

粗/總脂肪計算公式如下：

$$\text{粗/總脂肪 (\%)} = (W1 - W0) / S \times 100$$

W0：圓底瓶恆重

W1：含油脂之圓底瓶重

S：樣品重(g)

(1)-4. 粗纖維分析

秤量空濾袋 (F57 filter bag, Ankom)重量後，再精秤 1 g 乾燥飼料置於袋中，以封口機將裝有樣品濾袋封口後，放入裝置支架中，依序將磁石、支架、溫度探棒放入消化裝置，並關上排水閥。倒入 1.25 %的硫酸溶液，並加入 0.04 g 的胃蛋白酶 (Pepsin, Sigma)，於常溫下持續分解 40 分鐘後排空；再加入沸騰之 1.25 %的硫酸溶液，於 100°C下分解 1 小時後排空，倒入沸騰蒸餾水清洗 10 分鐘後排空；再加入沸騰之 1.25 %的氫氧化鈉溶液，於 100°C下分解 1 小時後排空，倒入沸騰蒸餾水清洗 10 分鐘後排空，待其冷卻至常溫時，將濾袋取出泡入裝有丙酮之燒杯中，於 10 分鐘後取出濾袋置於抽氣櫃中，以去除濾袋中殘留的丙酮，接著放入 106°C烘箱中 2 小時，取出置於真空乾燥器中，待溫度冷卻至室溫秤重，之後放入先秤過恆重之坩堝 (洗淨、灰化)，並按灰化分析步驟操作以獲得其粗灰分數據，之後扣除酸、鹼損失與粗灰分後所得即粗纖維含量。

粗纖維計算公式如下：

$$\text{粗纖維 (\%)} = \{ [(W2-W0)-(W1-W0)]-(B \times C) \} / S \times 100$$

W0：坩堝恆重

W1：灰化前坩堝 + 樣品濾袋重

W2：灰化後坩堝 + 樣品濾袋重

B：空濾袋重

C：空白濾袋灰化校正係數 = 1

S：樣品重 (g)

(1)-5. 粗灰分分析

參考 A.O.A.C. (1995)分析方法，精秤 0.5 g 已烘乾的樣品至小數點後四位，置入已達恆重之坩堝中，放入灰化爐每小時調整升溫 (125°C-300°C-575°C)至 575°C 灰化 5 小時後，關閉爐心至隔天早上回溫至 105°C，使冷卻樣品烘乾至恆重。取出坩堝置於真空乾燥器中，待溫度冷卻至室溫秤其重量，減少重量即為粗灰分含量。

粗灰分計算公式如下：

$$\text{粗灰分 (\%)} = [(W1-W2) / (W1-W0)] \times 100$$

W0：坩堝恆重 (g)

W1：坩堝 + 樣品重 (g)

W2：W1 灰化後至恆重 (g)

(2) 成長效益分析

分析項目包含增重百分率、特異生長率、存活率、軟組織體重比、肌體比、內臟體比以及殼長增長率，下為計算方式。

(2)-1. 增重百分率

實驗結束之體重增加量，除以初重乘以 100 %。

計算公式：

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

(2)-2. 特異生長率 (Specific growth rate, SGR)

實驗結束之體重增加量，除以養殖天數乘以 100 %。

計算公式：

$$\text{SGR (\% / day)} = \frac{\ln(\text{Final body weight}) - \ln(\text{Initial body weight})}{\text{Culture days}} \times 100$$

(2)-3. 存活率 (Survival)

實驗結束時，水晶鳳凰螺存活之隻數占實驗開始時之隻數的百分比。

$$\text{計算公式：Survival (\%)} = \frac{\text{Final numbers}}{\text{Initial numbers}} \times 100$$

(2)-4. 軟組織體重比 (Soft tissue/final mean body weight ratio, SB)

實驗結束後，水晶鳳凰螺軟組織重量占體中之百分比。

$$\text{計算公式：SB (\%)} = \frac{\text{Soft tissue weight (g)}}{\text{Final body weight (g)}} \times 100$$

(2)-5. 肌體比(Muscle somatic index, MSI)

實驗結束後，水晶鳳凰螺肌肉重量占體重之百分比。

$$\text{計算公式:MSI (\%)} = \frac{\text{Muscle weight (g)}}{\text{Final body weight (g)}} \times 100$$

(2)-6. 內臟體比(Visceral somatic index, VSI)

實驗結束後，水晶鳳凰螺內臟重量占體重之百分比。

$$\text{計算公式:VSI (\%)} = \frac{\text{Visceral somatic weight (g)}}{\text{Final body weight (g)}} \times 100$$

(2)-7. 殼長增長率(Shell length increase)

實驗結束後，測量鳳凰螺之殼的增長量，除以殼的初長、寬乘以 100。殼徑長測量方式參照 Chu 等人(2018)測量方式。

計算公式:Shell length, width increase (%) =

$$\frac{\text{Shell length (Final (mm))} - \text{Initial (mm)}}{\text{Shell length (Initial(mm))}} \times 100$$

(三) 統計方法

實驗數據經統計軟體 Statistical Analysis System(SAS-Window) 之變異系數 (analysis of variance, ANOVA)，其平均值之間有差異 ($p < 0.05$)，再以鄧肯氏多變域測驗 (Duncan's new multiple range test) 做進一步分析組間差異之顯著性。

四、 附加研究-於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率

本研究旨在了解裸缸與鋪設底質兩條件，飼養水晶鳳凰螺對其育成率之影響，了解本種在不符其習性的底質環境中，進行飼料餵食試驗是否影響活存表現。實驗地點、稚螺來源，與上一標的之「水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究」相同，並以其控制組飼料 (FM) 餵食試驗個體，養殖設備選用長 × 寬 × 高 = 30 × 15 × 24 cm 的玻璃水族缸，僅能採取靜水式養殖，試驗前置準備、養殖試驗方法、育成率評估方式及統計分析方法如下所述：

(一) 試驗前置準備

自澎湖水產種苗場取得之稚螺，除卻以 FM 組飼料馴養 3 週外，其餘蓄養條件皆與上一標的相同，至分組當日活存率同樣為 100%，試驗分為裸缸組 (Bare bottom group, BB group) 與矽砂組 (Silica sand substrate group, SS group)，共 2 組採 3 重複，有 6 個水族缸，分組日前 7 天，先將粒徑 2.5 mm 以下，清洗過後經曝曬之美國矽砂在鋪設其中 3 缸，厚度約 3 cm，另 3 缸為裸缸，並同時加入海水至相同水位開啟曝氣。

(二) 養殖試驗

分組於 114 年 06 月 23 日進行，並將當日定為實驗後第 0 日，進行至同年 09 月 01 日，共 70 日，6 個實驗缸，每缸放養 10 個體，從上一標的實驗選剩的蓄養稚螺中，挑選 60 個殼長相近，且殼表無損傷、活動力良好之個體進行試驗，自實驗後第 0 日（含當日）起，每日觀察活存狀況直至實驗結束，每 14 日測量所有個體之殼長、殼寬、殼高及秤量體濕重，每次秤重須先將螺殼表面水分擦乾，盡量降低誤差，作業完成後盡速將個體放回缸中，量秤當日與前一日皆停止飼食，而實驗後第 1 日起，除停餵日外，每日上午 9：30 前，依據最近一次數據收集所得之各缸總體濕重的 1%，完成飼料餵食，皆為過量投餵，經 8 小時後測量水溫、鹽度、pH 值、氨氮濃度及亞硝酸濃度，再抽除殘餌與糞便，換水量為 30%，試驗期間以靜水養殖，不進行底沙與缸壁清洗。

(三) 育成率評估

將進行增重百分率、特異生長率、存活率及殼長增長率，計算方式同上一標的。

(四) 統計方法

實驗數據以 Excel 365 分析工具箱進行 F 檢定，當 $P \geq 0.05$ 時假設變異數相等，反之為變異數不相等，根據結果選用對應的獨立樣本 T 檢定進行分析，若 $P < 0.05$ 則兩組間有顯著差異，反之則無。

參、 結果

以下對「白棘三列海膽養殖管理輔導」、「客製化海膽飼料生產及試驗」及「水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究」3項履約標的，以及附加研究「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」之結果進行說明。

一、 白棘三列海膽養殖管理輔導

本標的於 114 年 7 月至同年 10 月間，每月份至少赴各業者養殖場域訪視 1 次，4 位受輔導戶中，湖西鄉漢群養殖場，直到計畫工作結束，皆處於建廠狀態，無養殖海膽事實（圖 5），故結果中不做敘



圖 5. 湖西鄉漢群養殖場建廠狀況

述，下文依序對馬公市宏安養殖場、望安鄉岩川養殖場及七美鄉建興九孔養殖場的各次訪視情況、歷次建議與執行情形進行說明。

(一) 馬公市宏安養殖場

此戶業者早在 113 年 12 月便透過澎湖縣水種苗繁殖場，與本實驗室建立聯繫，諮詢本種養殖管理與投餵策略方法，我方實地勘查後也給予諸多建議，並多次提供自產的海膽飼料供其嘗試投餵，對該輔導戶各次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、環境條件及餵食策略紀錄，統整於表 3。以下對本場域養殖環境與設備條件、業者養殖狀況與歷次建議執行情形進行敘述。

表 3. 馬公市宏安養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、環境條件及餵食策略

基礎資料	養殖場名稱	宏安養殖場			
	地址	澎湖縣馬公市西衛里 693 號			
	負責人/管理人	張宏尉/許家維			
	訪視次數/日期	初訪/114.07.29	2 訪/114.08.25	3 訪/114.09.15	4 訪/114.10.13
	養殖場占地面積 (m ²)	12000	12000	12000	12000
	海膽養殖面積 (m ²)	2425	2425	2425	2425
	海膽養殖資歷	1 年 6 個月	1 年 7 個月	1 年 8 個月	1 年 9 個月
種苗資訊	種苗來源	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行
	種苗購入殼徑 (cm)	2~3	-	-	2-
	種苗購入價 (顆 / 元)	10	-	-	10
養殖模式	室內或室外	室外	室外	室外	室外
	魚塭/箱網種類	硬池/硬式箱網	硬池/硬式箱網	硬池/塑膠搬運籃	硬池/塑膠搬運籃
	進換水方法	潮汐換水	潮汐換水	潮汐換水	潮汐換水
環境條件	水溫 (°C)	29~30 以上	29~30 以上	29~30 以上	29~30 以上
	鹽度 (‰)	33	33	33	33
	光照來源	自然光	自然光	自然光	自然光
	池水總深 (m)	3	3	3	3
	海膽養殖水深 (m)	0.6	0.6	0.4	0.4
	日換水量 (%)	60	60	60	60
餵食策略	飼料：餌料	0：1	0：1	1：0	稚膽 0：1 成膽 1：0
	飼料來源	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場
	餌料來源	自行採集	自行採集	-	養殖池自行生長
	餌料種類	馬尾藻屬藻類	馬尾藻屬藻類	-	蕨藻屬藻類
	餵食頻率	1 天 1 次	1 天 1 次	1 天 1 次	飼料 1 天 1 次 餌料吃完再餵
	日餵食量	無定量、無紀錄	無定量、無紀錄	無定量、無紀錄	無定量、無紀錄
	日殘餌量	0	0	0	5 %
	殘餌處理方式	-	-	-	擠出箱網

1. 養殖環境與設備條件

該養殖場坐落於馬公市西衛里 693 號，緊鄰澎湖內灣海域，占地面積約 12,000 m²，為陸上室外養殖場，共有 8 座漁塭，皆是由地表向下挖掘而成，其中，用於養殖海膽的漁池呈長方體，表面積約 2,425 m²，深度達 3 m，池底低於高潮線，四面池壁僅有由上而下約 1 m 以水泥覆蓋，其餘部分含底質皆為玄武岩，臨海的池壁有 1 水門，供漲退潮時進排水用，但無法完全阻隔海水的溢出與流入，也不能阻攔生物入侵，因水體無法完全排乾，底部難以清潔而有沉積物堆積，池中設置 2 台水車供氧及浮動平台用以固定箱網（圖 6）。



圖 6. 馬公市宏安養殖場海膽養殖環境與設備。A~C 養殖池全貌；D 池壁與池底構造；
E 水門；F 浮動平台與固定的箱網

2. 業者養殖狀況與歷次建議執行情形

表 4 呈現各次訪視時業者口述與我方觀察的養殖狀況、本研究室提出的各項建議內容，以及受輔導戶是否執行建議事項，並按去訪次數依序羅列。以下對親訪時，觀察並記錄的資訊進行詳細敘述。

113 年 12 月 27 日澎湖水產種苗場接獲該業者反應，海膽投餵飼料後持續死亡且日損耗量不斷增加，本研究室得知消息便於同月 30 日前往現場進行事前訪視，養殖人員表示飼料係依據本種對藻類的攝食量進行投餵，然而每次都有大量殘餘，須放置在箱網內 5~7 天才會緩慢減少，但期間有不斷出油污染水質的情形，因擔心海膽適口性不佳影響育肥成效，而混投馬尾藻 (*Sargassum sp.*)，發現藻類 1 天內便能攝食完畢，飼料的剩餘量卻更多，對於腐壞發霉的殘餌則使用工具擠出箱網外，待退潮時開啟水門一併排出，但近期水質越來越糟，即使 1 天換 2 次水仍難改善，本種死亡量也不斷上升，當前暫時停餵飼料，僅此前飼食的殘餌還留於箱網中 (圖 7)；在對業者當前養殖狀



圖 7. 113 年 12 月 30 日事前訪視馬公市宏安養殖場日常管理方法與飼料投餵策略。

A 同時餵食飼料與藻類；B 利用工具將腐壞飼料直接擠出箱網；C 擠壓飼料後混濁的池水

況的觀察中，發現池壁構造有許多岩縫，容易卡髒污，池底有沉積物堆積，顯示依靠漲退潮換水無法有效將養殖廢棄物排出，箱網中尚未撈除的死亡個體，有被同類啃食現象，且殘餌已腐壞卻未處理。綜合受輔導戶提供的資訊，與我方觀察之結果，

表 4. 馬公市宏安養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形

日期	訪視次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議			
				初訪	2 訪	3 訪	4 訪
113.12.30	事前訪視	殼徑 1~2 cm 稚膽餵食馬尾藻到同年 12 月，成長至殼徑 5 cm 以上					
		軟爛的殘餌直接以工具擠壓出箱網，再開水門換水	因漁塭構造，養殖沉積物無法依靠潮汐換水完全排除，殘餌以撈除的方式較佳	○	○	×	×
		死亡個體未即時撈除，在箱網中被同類啃食	發現死亡個體應即時移除避免同類啃食	×	○	○	○
		海膽殼徑達 5 cm 以上後，開始投餵澎湖水產種苗場提供之海膽飼料，並混投馬尾藻	海膽定優先擇食藻類，故不可與飼料同時投餵	○	○	×	○
		認為殘餌多，是因海膽不喜食飼料	飼料投餵量應視殘餌多寡調整	○	○	×	○
		殘餌滯留於箱網中 5 天以上，等待海膽攝食完畢、或腐爛上浮後才做處理	飼料投餵後隔日即須清除殘餌	○	○	×	○
		飼料投入水中後會持續出油，放在水中越久越多					
114.07.29	初訪	自開始餵食飼料後，每日皆有死亡，且數量逐日提升					
		新進種苗以藻類餵食 2 個月，可從殼徑 2 cm 成長至 5~6 cm					
		使用 42 個表面積約 2.93 m ² 的硬式箱網，養殖約 8 千個體海膽，密度約 65 inds./m ²					
		水產種苗繁殖場提供 112 年度生產的海膽飼料最為合用，但顆粒小不適用箱網養殖					
		錯誤使用光合菌，添加過量導致海膽大量死亡					
		剛毛藻於箱網內外大量繁生，纏住海膽進而導致死亡	需定期移除剛毛藻		○	×	○
		箱網中仍可見少量死體殘骸	死體需儘早撈除，避免同類啃食屍體		○	○	○
		目前場中海膽殼徑 5~6 cm，擬 7~8 cm 時開始餵食飼料進行育肥	飼料開始餵食後，須注意投餵量，控制在 1 日內幾乎攝食完畢為佳		○	×	○
		主要賣售給零售商與餐廳，澎湖當地以 200 元/顆、臺灣以 250 元/顆出售					

表 4. 馬公市宏安養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形 (續)

日期	訪視次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議			
				初訪	2 訪	3 訪	4 訪
114.08.25	2 訪	多個箱網的網孔被附著藻堵塞	須注意箱網內壁生長的藻類，若太過繁密會影響飼料攝食			×	○
		多個箱網變形成漏斗狀，使飼料集中於一處，使海膽發生推擠、重疊及殘食，造成少量死亡	箱網變形，需先調整回原先形狀再投餵飼/餌料，避免海膽重疊、擠壓，進而因殘食或傷口感染而死			○	○
		擬 9 月向種苗商購入海膽種苗 5,000 個體，並全程以飼料餵食					
		選擇 6 號飼料粒徑 (10 mm) 作為量產規格					
114.09.15	3 訪	09/07~14 管理者輪班，不熟悉本種養殖管理辦法，同時投餵藻類與飼料、未清除殘餌、未清潔箱網網孔	請所有管理者落實建議事項				○
		每日工作結束，難以配合研究室進行每日管理、餵食狀況記錄					
		塑膠搬運箱底部鋪設的黑網未密合，大量海膽鑽入	底部鋪設的黑網需固定四邊，避免海膽鑽入摩擦受傷				×
		輪班期間因不當管理方法與餵食策略，損耗超過 400 個體，具體數量未記錄					
114.10.13	4 訪	原定 9 月購入種苗改為 10 月，以 100 個表面積約 1.22 m ² 的塑膠搬運箱，養殖 5,000 個體	每籠養殖 50 顆稚膽密度過高，建議減少至 30 個體，可增購底面積較大的箱網				×
		10 月 2~8 日共買入殼徑約 2 cm 的稚膽 5,000 個體					
		稚膽體型太小會鑽出事前購置的塑膠搬運箱，暫以硬式箱網養殖					
		稚膽成長至可移入塑膠搬運箱後，擬開始餵食飼料					
		兩位管理者已完成分工，1 人負責稚膽育成，1 人負責成膽育肥					

提出 5 項建議：①因漁塭構造，養殖沉積物無法依靠潮汐換水完全排除，殘餌以撈除的方式較佳；②發現死亡個體應即時移除避免同類啃食；③海膽定優先擇食藻類，故不可與飼料同時投餵；④飼料投餵量應視殘餌多寡調整；⑤飼料投餵後隔日即須清除殘餌。

114 年 07 月 29 日進行計畫開始後的初訪，業者表示去年 8~9 月買入的 3 萬個體稚膽，耗時 9 個月在今年 5~6 月時養至出售規格，但因去年 12 月發生的大量死亡，育成率僅 3 成左右，現已售出大半，餘下個體以飼料繼續餵食，對於飼料使用的感想，認為水產種苗繁殖場提供的 112 年產海膽飼料適口性最佳，可惜顆粒小不適用箱網養殖（案號：AF-112-06，本研究室委託飼料公司生產，形狀粒徑同蝦類飼料，依履約標的繳付水產種苗繁殖場），今年 5 月時再向漁慶興水產行購入殼徑 2~3 cm 的稚膽約 25,000 個體，先單以馬尾藻飼食，2 個月後即我方親訪當日，殼徑已成長至 5~6 cm，期間因魚塭池水過肥，加上長時間強光照，導致箱網內外剛毛藻繁生，原以為海膽能攝食乾淨，卻反被纏繞、包覆窒息致死，發現後即時清除，而後為調整水質開始使用光合菌，卻因添加過量導致大量死亡，兩次損耗使死亡率達 70 %，餘下近 8 千個體，預計殼徑達 7~8 cm 時改以飼料育肥 3 個月，目標體重達 180 g 以上開始販售；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「發現死亡個體應即時移除避免同類啃食」雖有實行，但並不徹底，箱網中仍殘留些許未退色的死體殘骸，其餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖情形的觀察中，發現箱網內還有剛毛藻（圖 8），專門養殖未售出之成體海膽的箱網中有飼料殘餌。綜合受輔



圖 8. 箱網中未清除乾淨的剛毛藻

導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 3 項建議：①需定期移除剛毛藻；②死體需儘早撈除，避免同類啃食屍體；③飼料開始餵食後，須注意投餵量，控制在 1 日內幾乎攝食完畢為佳。

114 年 08 月 25 日進行 2 訪，業者表示自上次訪視後無發生重大損耗，但當前使用的硬式箱網容易變形，使海膽重疊，偶有少量死亡，擬在 9 月份買入 5,000 個體稚膽，平均分養於 150 個長 80 cm、寬 57.5 cm、水深 42 cm 的塑膠搬運箱中，並全程使用飼料養殖；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，皆有落實；在對業者當前養殖情形的觀察中，發現養殖池中所有箱網的網孔皆有附著藻生長阻礙水流流通，隨著漁塭內的池水流動，網壁漸漸向內凹陷而形成漏斗狀，越接近水車的箱網變形越嚴重，投餵飼/餌料時全向最低處集中，因此僅有部分海膽能攝食，其餘飢餓的個體，則因網具底部形成的高低差，輕鬆爬到其他同伴身上啃食，造成死傷（圖 9）。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 2 項建議：①須注意箱網內壁生長的藻類，若太過繁密會影響飼料攝食；②箱網變形，需先調整回原先形狀再投餵飼/餌料，避免海膽重疊、擠壓，進而因殘食或傷口感染而死。

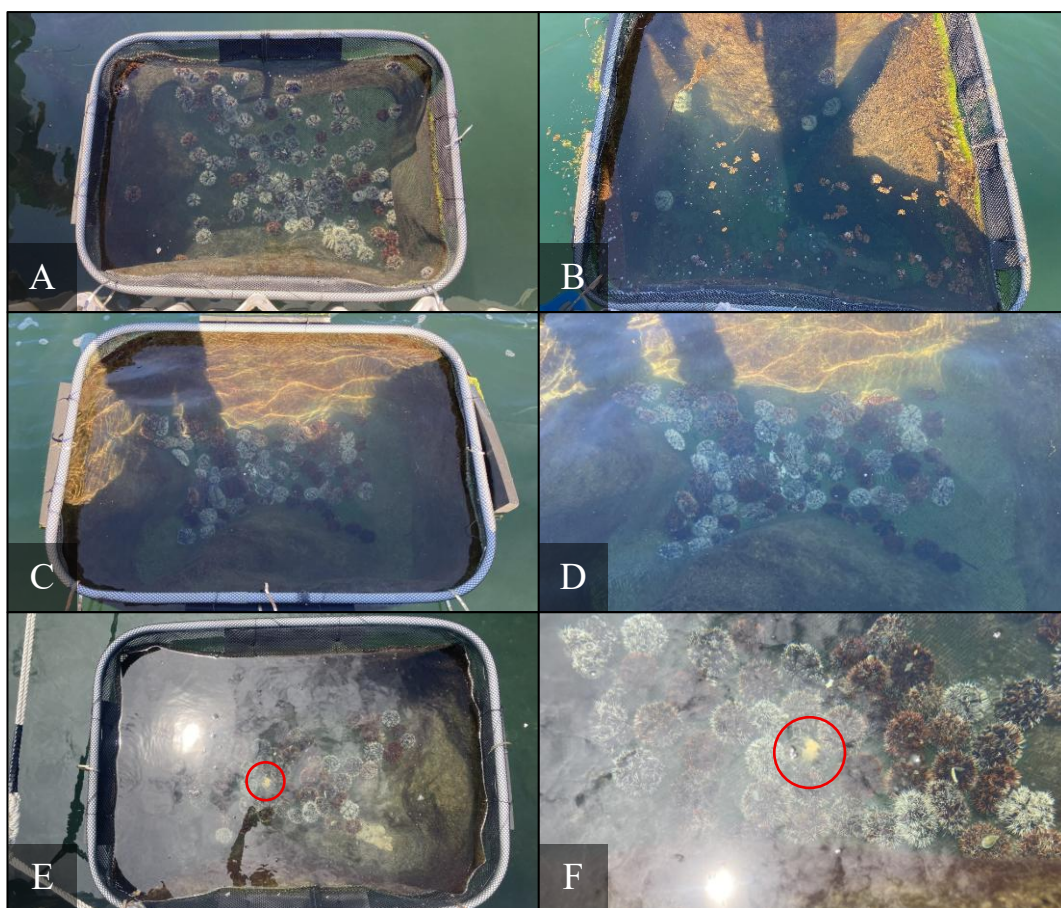


圖 9. 馬公市宏安養殖場硬式箱網受附著藻與水流影響變形。A 正常箱網；B~D 箱網因網孔被繁生的附著藻堵住又受漁塭水流影響而變形；E~F 高度集中的海膽被同類啃食而死

114 年 09 月 15 日進行 3 訪，平常與本實驗室接洽的業者許管理員表示，因上星期 (09 月 7 日至 14 日) 輪班、工作交接，暫由另一位張管理員代為作業，期間發生同時餵食飼料與藻類、未清除殘餌、未清除箱網附著藻等事件，導致 400 以上個體死亡，當中包含本計畫正在進行商業飼料育肥效益實驗的所有海膽，接著 09 月 14 日養殖戶將所有硬式箱網更換為塑膠搬運箱 (圖 10)，並針對底部孔洞較大之款式鋪設孔徑 1 cm 的黑色塑膠網，而原定 9 月買入的種苗延期至 10 月，改以 100 個內徑長 75 cm、寬 45 cm、水深 36 cm，表面積約 1.22 m^2 、孔徑 2~3 cm 的塑膠搬運箱養殖，預計每個搬運箱放養 50 個體 (圖 11)，而對於我方提供的「養殖戶每日管理、餵食記錄表」因每日工作量

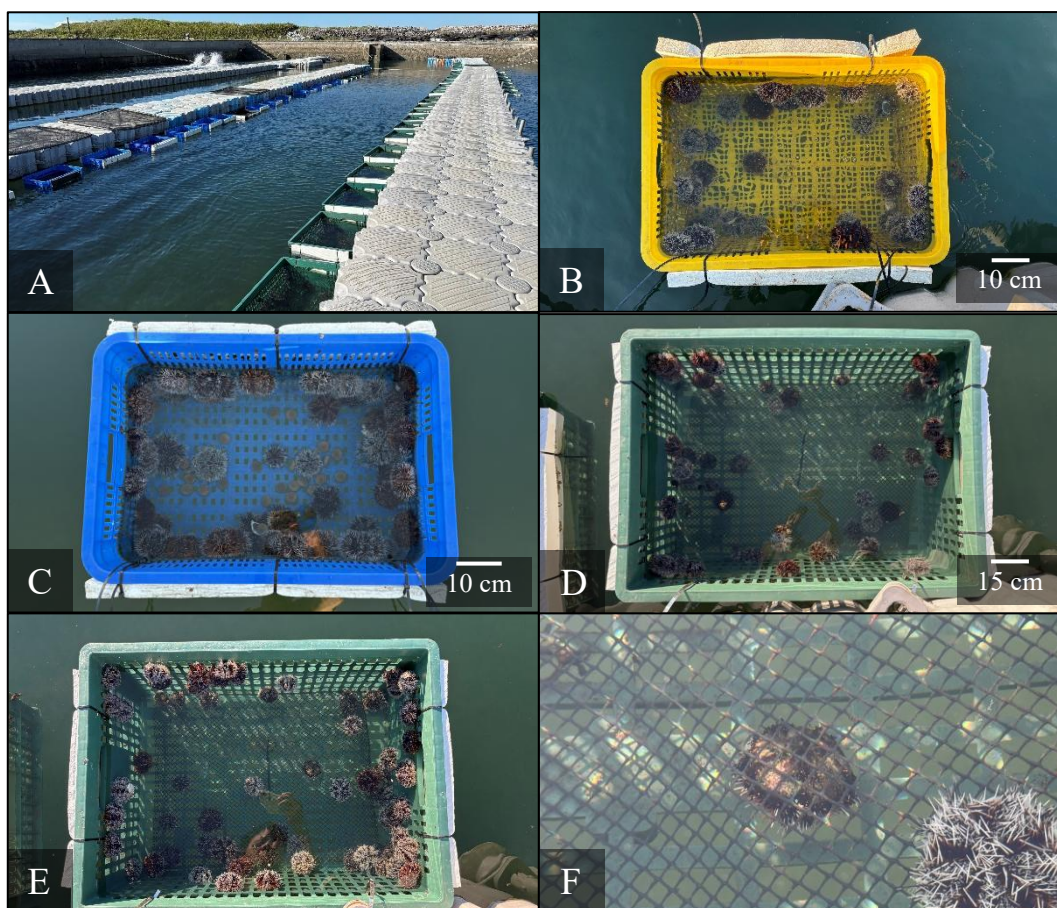


圖 10. 馬公市宏安養殖場將硬式箱網全數更換為塑膠搬運箱。A 浮動平台固定塑膠搬運箱；B~D 規格不等的塑膠搬運箱；D 海膽鑽到黑色塑膠網下；E 海膽將黑色塑膠網掀起；F 鑽到網下而受傷的海膽



圖 11. 馬公市宏安養殖場用於養殖新進稚膽的塑膠搬運箱

大且無記錄習慣，難以配合填寫；本研究室向養殖戶確認此前提供的各項建議執行狀況，當中，「殘餌以撈除的方式較佳」、「海膽定優先擇食藻類，故不可與飼料同時投餵」、「飼料投餵量應視殘餌多寡調整」、「飼料投餵後隔日即須清除殘餌」、「需定期移除剛毛藻」、「飼料控制在 1 日內幾乎攝食完畢為佳」及

「注箱網內壁生長的藻類，若太過繁密會影響飼料攝食」等 7 項皆未落實，且已發生死亡，證實我方提供之諸項建議能有效降低養殖過程中的損耗；在對業者當前養殖情形的觀察中，發現塑膠搬運箱鋪設的黑網，因未貼合底部，有海膽鑽入且受傷的狀況 (圖 10)。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 3 項建議：①請所有管理者落實建議事項；②新塑膠搬運箱底部鋪設的黑網需固定四邊，避免海膽鑽入，摩擦受傷；③建議加購塑膠搬運箱，且儘量選用底面積較大的款式，當前規格的底面積僅 0.34 m^2 ，若打算以飼料育成，每籠 50 個體的密度過高，容易引發推擠與殘食行為，若買入殼徑約 3 cm 的海膽，建議每籠放養 30 個體即可。

114 年 10 月 13 日進行最後一次訪視 (4 訪)，業者表示 10 月 2~8 日陸續買入殼徑約 2 cm 的稚膽共 5,000 個體，由於體型過小，若以事先購置的塑膠搬運箱養殖，會從孔洞鑽出，因此暫以長 85 cm、寬 55 cm、水深 40 cm、表面積 1.6 m^2 的硬式箱網飼養，密度約 156 inds./m^2 ，用養殖池中自然生長的蕨藻 (*Caulerpa spp.*) 餵食 (圖 12)，擬於殼徑成長至 3 cm 以上後移



圖 12. 馬公市宏安養殖場暫以蕨藻餵食稚膽

入塑膠搬運箱，並改投餵飼料，在歷經上次工作交接與管理疏失造成的損耗後，已重新分工，平常與我方接洽的管理者許先

生負責稚膽育成，另一位管理者張先生負責成膽育肥；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「加購底面積較大款式之塑膠搬運箱，降低密度至每籠養殖 30 個體」因尚未尋得合適規格及稚膽體型小於預期等因素暫未實施，「飼料殘餌以撈除方式較佳」因張先生認為直接擠出塑膠搬運箱較為省時便利而未實行，接著「塑膠搬運箱底部鋪設之黑網需固定四邊，避免海膽鑽入摩擦受傷」業者未觀察到由此因引起之損耗，認為不影響所以未執行，其餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖情形的觀察中，發現新進稚膽的飼養密度雖高，但因管理者的藻類投餵量充足，本種攀附於上方攝食，增加可活動的表面積，暫無推擠與殘食問題，而殘餌碎屑被擠出塑膠搬運箱沉積在池底，雖為影響水質的重要因素，但業者現在除了每天大量換水外，還在專業人士輔導下使用光合菌，且池底、池壁生有大量蕨藻，有穩定水質之功效，又海膽雖仍有鑽入塑膠搬運箱底部鋪設之黑網下的行為，但暫無因此而引發的損耗，判斷受輔導戶目前養殖狀況穩定、飼料使用亦無問題，故未提出建議事項。

(二) 望安鄉岩川養殖場

此戶業者為 114 年 07 月 23 日，澎湖水產種苗場透過公開徵選尋得，各次訪視之基礎資料、種苗資訊、環境條件及餵食策略紀錄，統整於表 5。以下對本場域養殖環境與設備條件、業者養殖狀況與歷次建議執行情形進行敘述。

表 5. 望安鄉岩川養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、環境條件及餵食策略

基礎資料	養殖場名稱	岩川養殖場			
	地址	澎湖縣望安鄉中社村 60-2 號			
	負責人/管理人	王長壽			
	訪視次數/日期	初訪/114.07.30	2 訪/114.08.26	3 訪/114.09.16	4 訪/114.10.14
	養殖場域總面積 (m ²)	11420	11420	11420	11420
	海膽養殖面積 (m ²)	20	20	20	20
	海膽養殖資歷	6 個月	7 個月	8 個月	9 個月
種苗資訊	種苗來源	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行
	種苗購入殼徑 (cm)	1~2	-	-	-
	種苗購入價 (顆/元)	12	-	-	-
養殖模式	室內或室外	夏室內冬室外	夏室內冬室外	夏室內冬室外	室內
	魚塭/箱網種類	室內-PE 桶槽 室外-硬池/塑膠搬運箱	室內-PE 桶槽 室外-硬池塑膠搬運箱	室內-PE 桶槽 室外-硬池塑膠搬運箱	PE 桶槽
	進換水方法	室內流水式 室外潮汐換水	室內流水式 室外潮汐換水	室內流水式 室外潮汐換水	流水式
環境條件	水溫 (°C)	室內 28~29 室外 31~32	室內 28~29 室外 31~32	室內 28~30 以上 室外 31~32	28~30 以上
	鹽度 (‰)	34	34	34	34
	光照來源	自然光	自然光	自然光	自然光
	池水總深 (m)	室內 0.6 室外 1.2~3	室內 0.6 室外 1.2~3	室內 0.6 室外 1.2~3	0.2~0.6
	海膽養殖水深 (m)	室內 0.6 室外未養殖	室內 0.6 室外未養殖	室內 0.6 室外未養殖	0.2~0.6
	日換水量 (%)	100 以上	100 以上	100 以上	100 以上
餵食策略	飼料：餌料	0 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1
	飼料來源	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場
	餌料來源	自行採集	自行採集/ 蔬菜廢棄物	自行採集/ 蔬菜廢棄物	自行採集/ 蔬菜廢棄物
	餌料種類	野生大型海藻	野生大型海藻/ 蔬菜	野生大型海藻/ 蔬菜	蔬菜
	餵食頻率	1 天 1 次	1 天 1 次	少量多餐	少量多餐
	日餵食量	10 kg	10 顆海膽：2~3 顆飼料/餌料無定 量	10 顆海膽：3~4 顆飼料/150 顆海 膽 3kg 餌料	10 顆海膽：3~4 顆飼料/150 顆海 膽 3kg 餌料
	日殘餌量	0	40%	飼料 10~40 %/ 餌料無	飼料 5 %以下/ 餌料無
	殘餌處理方式	-	抽除	抽除	抽除

1. 養殖環境與設備條件

該養殖場坐落於澎湖縣望安鄉中社村 60-2 號，所在位置原為天然灣澳內的一處潮間帶，係業主向縣政府申請核准後，自行斥資填土造陸搭建而成，主營服務遊憩業，建有室、內外養殖場，飼養生物供來客購買或餐食，場域環境如圖 13，室外池



圖 13. 望安鄉岩川養殖場海膽養殖環境與設備。A, B 室外養殖池；C 沙石堆積於室外養殖池水門；D 室外池水體隨退潮流出；E 室內養殖場外觀；F 室內養殖場內部配置；G 室內養殖場 PE 儲水塔；H 室內養殖場水源與抽水泵浦

以水泥牆在原潮間帶圈出約 1 公頃範圍，並向下挖掘而成，池壁設有 1 水門，本可控制進排水，但因沙石堆積已失去調節功能，現漁塭水位隨漲退潮變化，池中最深處達 3 m、最淺處僅 1.2 m，未架設任何供氧設備，採粗放式養殖，當中放有多種魚類，室內養殖場緊鄰於室外池東北面，占地約 20 m²，以不鏽鋼材搭建骨架，再用網具包覆，最外層覆蓋可拆式的黑色蘭花網，用於調整室內照明度，內部設置有麒麟菜 (*Eucheuma sp.*) 與白棘三列海膽養殖槽，以打氣幫浦穩定供氧，水源取自鄰近潮池，先以抽水泵浦收集至岸上的塑膠水塔再行利用，採流水式養殖。

2. 業者養殖狀況與歷次建議執行情形

表 6 呈現各次訪視時業者口述與我方觀察的養殖狀況、本研究室提出的各項建議內容，以及受輔導戶是否執行建議事項，並按去訪次數依序羅列。以下對各次訪視時，觀察並記錄的資訊進行詳細敘述。

114 年 07 月 30 日進行初訪，業者表示於今年 01 月，向漁慶興水產行以 12 元/顆的價格，買入殼徑 1~2 cm 的稚膽 400 個體，起初放養在室外池的塑膠搬運箱中，但發現海膽因體型過小，能從網孔鑽出後，便移入室內，利用本來培養麒麟菜的 FRP 桶，與塑膠水塔改造之水槽（塑膠水塔養殖槽）（圖 14），以 30 inds./m² 的密度養殖，並自行從潮間帶採集各種大型藻類作為餌料，每日投餵一次、每次餵食約 10 kg、無殘餌，不過隨著季節變化，可採得的藻類逐漸減少、餌料日漸缺乏，養殖戶雖有向澎湖水產種苗場取得本種商業飼料，卻因無使用經驗不敢貿然嘗試，故至我方初次親訪當日，歷經 6 個月的飼養平均殼徑只

表 6. 望安鄉岩川養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形

日期	訪視次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議		
				2 訪	3 訪	4 訪
114.07.30	初訪	114 年 01 月購入殼徑 1~2 cm 稚膽 400 個體				
		因餌料缺乏，餵食 6 個月，多數稚膽殼徑方成長至 5 cm				
		因缺乏餌料，引發殘食，紀錄有 20 個體死亡				
		無餵食飼料經驗不敢貿然嘗試				
		以深度高、底面積小的 FRP 桶養殖海膽	可嘗試移至室外池，以現有的塑膠搬運箱養殖，蓋上網蓋可防高溫	×	×	×
		海膽群聚於水位最高處	水深降低至 30 cm 左右，增加海膽攝食機率，減少殘食	○	○	○
		養殖槽底部鋪設大量珊瑚沙，阻礙髒汙排出	室內池餵食飼料須先清除底質，增進排汙效果	○	○	○
		實際養殖密度為 67 inds./m ² 以上，而非業者口述的 30 inds./m ²	密度下降到 20~25 inds./m ²	×	×	×
114.08.26	2 訪	藻類缺乏改餵高麗菜				
		將臥式熱水器改造為水位較低水槽，嘗試投餵飼料	養殖槽最好選用底部平坦的		○	○
		新建置一表面積約 3 m ² 的平底飼育槽，將原先養在麒麟菜培養用之 FRP 桶中的海膽移入，餵食高麗菜	無底質的養殖槽能停餵高麗菜，改投飼料		○	○
		海膽對飼料的攝食量少	飼料餵食後隔日，若本種無攝食行為，即可連同糞便抽除		○	○
		擬於 9 月中購入種苗				
		選擇 6 號飼料粒徑 (10 mm) 作為量產規格				

表 6. 望安鄉岩川養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形 (續)

日期	訪視 次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議		
				2 訪	3 訪	4 訪
114.09.16	3 訪	表面積約 3 m ² 的平底飼育槽於 08 月 27 日開始飼食飼料，以每 10 顆海膽投 2 顆飼料的比例餵食，殘餌量高達 85 %				
		08 月 31 日起改為少量多餐，餵食比例為 10 顆海膽投 2.5~4 顆飼料，殘餌率下降至 10~40 %				
		飼料先剪碎再分散投餵，無爭食情形				
		3 訪當日餵食比例為 10 顆海膽投 3~4 顆飼料，殘餌率已能控制在 10 % 以下				
		海膽攝食飼料後，排出的糞便易發霉，附著於池底	可仿陸上箱網模式，不讓海膽直接接觸池底，增進底層水的流動性，更易排除髒汙。			×
		原預計 9 月進苗，但天氣太熱，改中秋後再作打算				
114.10.14	4 訪	土地屬國有地，欲擴建養殖規模須先向農漁局申請通過，待確認顧客對本種的接受度後，再申請擴建、購入種苗				
		養殖海膽僅供自家服務遊憩業使用，暫無賣售打算				
		擬將現餵食藻類/蔬菜的臥式圓桶飼育槽，改為平底水槽，並移除底質，再將場中所有海膽，以殼徑 7 cm 為體型大、小分界進行分養，大體型個體餵食飼料、小體型則餵食藻類或蔬菜廢棄物				

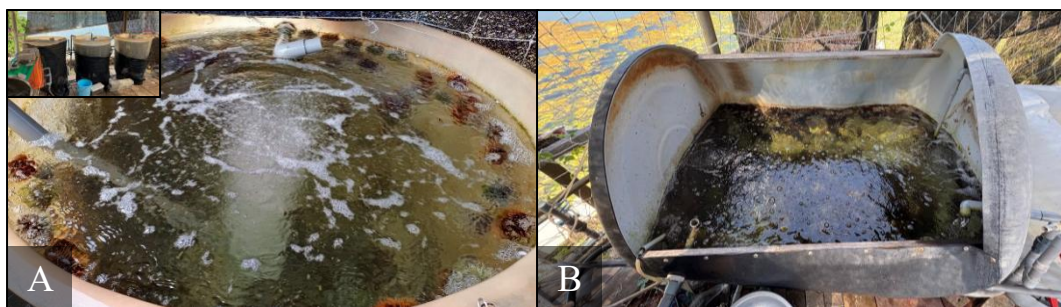


圖 14. 望安鄉岩川養殖場養殖海膽之水槽。A 本用於培養麒麟菜的 FRP 桶；

B 塑膠水塔養殖槽

達 5 cm 左右，因殘食造成的損耗計有 20 個體；在對業者當前養殖狀況的觀察中，發現海膽在室內養殖的密度遠高於業者口述，應有 67 inds./m² 以上，且養殖槽底部、出水口上方鋪設大量珊瑚沙，使糞便難以排出、有堆積現象，還有水深太高，本種大量聚集在最高水位處等不適合餵食飼料的狀況。綜合受輔導戶提供的資訊，與我方觀察之結果，提出 4 項建議：①室內池水深降低至 30 cm 左右，增加海膽攝食機率、減少殘食；②室內池餵食飼料需清除底質，增進排汙效果；③現為陸上小型試驗池，之後可嘗試移至室外以箱網飼養，加上網蓋可防高溫；④密度下降到 20~25 inds./m²。

114 年 08 月 26 日進行 2 訪，業者表示上次訪視後，設置了一個表面積約 3 m² 的白色方型水槽，將原飼養於麒麟菜培養桶中的海膽移入，密度降低至 50 inds./m² (圖 15)，與塑膠水塔



圖 15. 望安鄉岩川養殖場新架設的白色方型水槽

改造之水槽中的個體一樣餵食餌料，但因鄰近的潮間帶，幾乎無大型藻類可採集，只能使用高麗菜外葉替代，飼料餵食測試

則利用報廢的臥式熱水器，改造為低水位養殖槽（熱水器水槽）（圖 16），放入 20 個體，按同年 08 月 21 日，以通話方式向本研



圖 16. 望安鄉岩川養場將報廢的臥式熱水器改造為海膽養殖槽

究室詢問得到之建議，採 10 顆海膽餌食 5 顆飼料的比例嘗試投餵；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「可嘗試移至室外以箱網飼養」因業主於室內作業較為方便，爰未執行，而「密度下降到 20~25 inds./m²」受輔戶擬擴建場域、增設養殖槽，正在規劃，其餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖狀況的觀察中，發現試餵飼料的水槽內有殘餌，且海膽不再攝食，以及新建的白色方型水槽，其底部平坦、無鋪設底質，適合餵食飼料。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 3 項建議：①無底質的養殖槽能停餵高麗菜，改投飼料；②養殖槽最好選用底部平坦的；③飼料餵食後隔日，若海膽無攝食行為，即可將殘餌連同糞便抽除。

114 年 09 月 16 日進行 3 訪，業者表示飼料投餵前先剪成小塊（圖 17），增加所有個體的攝食機會，並於同年 08 月 27 日



圖 17. 望安鄉岩川養殖場飼料投餵前先剪成小塊

起，每日記錄白色方形水槽與熱水器水槽的飼食量及殘餌率，起初以 10 個體海膽投 2 顆飼料的比例 (10:2) 一次餵食，殘餌率高達 85 %，08 月 31 日起，將餵食策略改為少量多餐，並以每日 10:2.5~10:4 的比例餵食，殘餌率下降至 10~40 %，3 訪當日，餵食比例調整為 10:3~10:4，海膽已習慣攝食飼料，殘餌率可控制在 10 % 以下，而種苗原定 09 月買入，但因天氣太熱，改中秋後再做打算；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「可嘗試移至室外以箱網飼養」因業主於室內作業較為方便，爰未執行，而「密度下降到 20~25 inds./m²」受輔戶已取得新的平底養殖槽 (圖 18)，正在規劃改建方案，其



圖 18. 望安鄉岩川養殖場 3 訪時新取得的平底養殖槽

餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖狀況的觀察中，確認現採用的投餵策略良好無須改善，但本種攝食飼料後排出之糞便，易發霉沾附於池底難以清除。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，建議仿陸上箱網模式，不讓海膽直接接觸池底，增進底部水的流動性，更易排除髒汙。

114 年 10 月 14 日進行最後一次訪視 (4 訪)，業者表示養殖場域係建在國有地上，欲擴大規模、增加建物，須取得農漁局准許後才可施工，在確認顧客對養殖海膽的接受度前，申請動工、購入種苗、擴建室內養殖場並增設養殖槽等作業權且延緩，現在場內的個體暫無銷售打算，僅供自家服務遊憩業使用，

而當前仍鋪有底質的塑膠水塔養殖槽，擬於近期移除，改為 3 訪時取得的平底養殖槽，再將所有海膽以殼徑 7 cm 劃分體型大、小進行分養，小體型個體將餵食餌料，大體型則餵食飼料；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「可嘗試移至室外以箱網飼養」因室內作業無論是餵食、清潔、觀察，還是環境管控皆較為安全便利，且業主無大量產銷規畫，爰未執行，而「密度下降到 20~25 inds./m²」業者擬於場域擴建申請通過後再實行，接著「仿陸上箱網模式，增進排汙效率」因養殖規模不大，受輔導戶以手動抽底方式足以應付 (圖 19)，



圖 19. 望安鄉岩川養殖場業者以抽底方式去除海膽殘餌與糞便

故未實施，其餘建議內容皆有落實。在對業者當前養殖狀況的觀察中，雖然飼養密度較高，但因受輔導戶採取的投餵策略良好、餵食量充足，發生殘食機率低，養殖狀況相當穩定，故未提供建議。

(三) 七美鄉建興九孔養殖場

此戶業者為 114 年 07 月 23 日，水產種苗場透過公開徵選尋得，各次訪視之基礎資料、種苗資訊、環境條件及餵食策略紀錄，統整於表 7。以下對本場域養殖環境與設備條件、業者養殖狀況與歷次建議執行情形進行敘述。

表 7. 七美鄉建興九孔養殖場歷次訪視之基礎資料、種苗資訊、養殖模式、環境條件及
餵食策略

基礎資料	養殖場名稱	建興九孔養殖場			
	地址	澎湖縣七美鄉平和村 64-2 號			
	負責人/管理人	李建興			
	訪視次數/日期	初訪/114.07.31	2 訪/114.08.27	3 訪/114.09.18	4 訪/114.10.15
	養殖場域總面積 (m ²)	12230	12230	12230	12230
	海膽養殖面積 (m ²)	50	50	50	50
	海膽養殖資歷	5 年	5 年	5 年	5 年
種苗資訊	種苗來源	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行	漁慶興水產行
	種苗購入殼徑 (cm)	2~3	-	-	2~3
	種苗購入價 (顆 / 元)	9	-	-	14
養殖模式	室內或室外	室外	室外	室外	室內+室外
	魚塭/箱網種類	硬池/ 塑膠搬運箱	硬池/ 塑膠搬運箱	硬池/ 塑膠搬運箱	硬池/ 塑膠搬運箱
	進換水方法	流水式	流水式	流水式	流水式
環境條件	水溫 (°C)	28	28	28	28
	鹽度 (‰)	34.5	34.5	34.5	34.5
	光照來源	自然光	自然光	自然光	自然光
	池水總深 (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
	海膽養殖水深 (m)	0.25	0.25	0.25	0.25
	日換水量 (%)	100 以上	100 以上	100 以上	100 以上
餵食策略	飼料：餌料	1：2	1：2	1：2	1：3
	飼料來源	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場	澎湖水產種苗場
	餌料來源	購自嘉義布袋	購自嘉義布袋	購自嘉義布袋	購自嘉義布袋/ 中國大陸
	餌料種類	龍鬚菜	龍鬚菜	龍鬚菜	龍鬚菜/昆布
	餵食頻率	1 天 1 次	1 天 1 次	1 天 1 次	餌料 2 天 1 次 飼料 4~5 天 1 次
	日餵食量	飼料:2 顆海膽餵 1 顆 藻類無紀錄	飼料:2 顆海膽餵 1 顆 藻類無紀錄	飼料:2 顆海膽餵 1 顆 藻類無紀錄	飼料:2 顆海膽餵 1 顆 藻類無紀錄
	日殘餌量	0	0	10~50 %	無紀錄
	殘餌處理方式	-	-	清除	清除

1. 養殖環境與設備條件

該養殖場坐落於澎湖縣七美鄉平和村 64-2 號，占地約 12,230 m²，建有室內外養殖場，所有養殖池皆以水泥搭建，每池配有 2 個入水口、1 個排水口，池底設有曝氣管供氧，採流水式養殖，水源取自相鄰的外海，排水管道埋於水池下，匯集於一處後再向外海排出，主營九孔繁殖養殖，海膽的養殖面積約 50 m²，飼養在室外水泥池中的塑膠搬運箱內，水池上方架設有遮陽網可防夏季烈日直射（圖 20）。

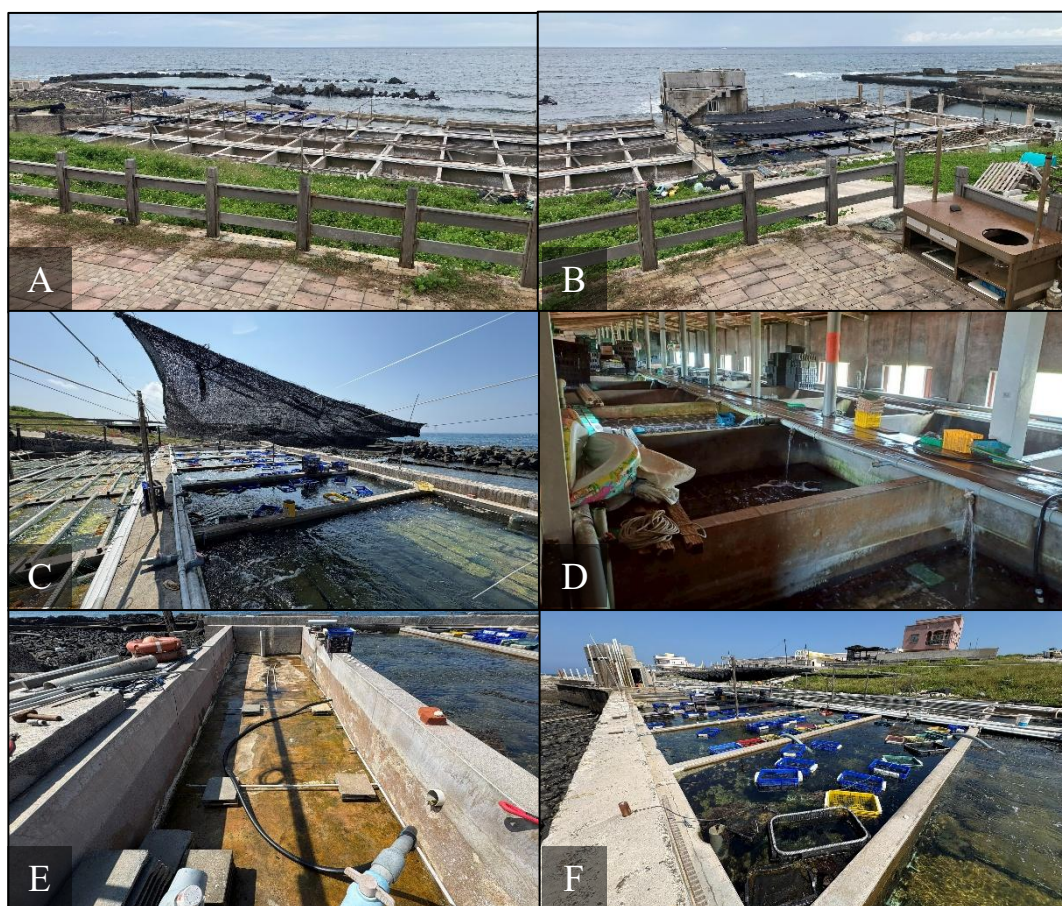


圖 20. 七美鄉建興九孔養殖場海膽養殖環境與設備。A,B 室外養殖場；C 室外養殖場的遮陽網；D 室內養殖場；E 水泥池構造；F 海膽養殖區

2. 業者養殖狀況與歷次建議執行情形

表 8 呈現各次訪視時業者口述與我方觀察的養殖狀況、本研究室提出的各項建議內容，以及受輔導戶是否執行建議事項，並按去訪次數依序羅列。以下對各次訪視時，觀察並記錄的資訊進行詳細敘述。

114 年 07 月 31 日進行初訪，業者表示去年 8 月，與今年 3、4 月向漁慶興水產行購入殼徑 2~3 cm 的稚膽約 7,000 個體，並以每籠搬運箱放養 50 個體的密度養在室外池，但每次剛買入不久便會發生約 4 成的損耗，死體有掉棘現象，所有海膽無論體型，都以飼料、藻類交替餵食，飼料由澎湖水產種苗場提供，藻類則是購買自嘉義布袋的龍鬚菜 (*Gracilaria sp.*) (圖 21)，餵



圖 21. 七美鄉建興九孔養殖場以龍鬚菜作為海膽主要餌料

食頻率為 1 天 1 次，飼料的投餵量是每 20 個體海膽餵 10 顆，無殘餌，藻類無紀錄，以當前方式養殖大約 3 個月即可將本種從殼徑 3 cm 養到 8 cm 並出售，現已賣出約 1,500 個體，每個體售價為 200 元；在對業者當前養殖狀況的觀察中，發現所有飼養海膽搬運箱中，皆無飼料之殘餌，結合養殖戶表述的投餵頻率與無殘餌狀況，判斷應是飼食量不足，而現採用之塑膠搬運箱表面積約 0.74 m^2 ，每籃養殖 10~20 個體，密度介於 $13\sim27 \text{ inds./m}^2$ ，體型差異大，雖有業者表述的 8 cm 個體，但以 5~6 cm 的個體居多。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結

表 8. 七美鄉建興九孔養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形

日期	訪視次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議		
				2 訪	3 訪	4 訪
114.07.31	初訪	113 年 08 月、114 年 03~04 月，購入殼徑 2~3 cm 的稚膽約 7,000 個體				
		稚膽買入後，以每個搬運箱放養 50 個體的密度養殖	放養數量減少至 40 個體，降低因受傷感染而產生的損耗			○
		無論體型大小，皆採飼料、餌料交替輪換的方式餵食				
		每次稚膽剛買入都會發生約 4 成的損耗，死體有掉棘	新進種苗建議先在室內較陰暗的空間中適應環境，大約 1 週後再移至室外			○
		殼徑 3 cm 的稚膽買入後以飼、餌料輪流餵食，3 個月能成長到殼徑 8 cm				
		所有搬運箱中皆無飼料殘留痕跡	餵食量建議增加至每 20 個體投餌 10~15 顆飼料	○	○	○
114.08.27	2 訪		飼料殘餌最多放置到第 2 天即須清除	○	○	○
		擬於 09 月購入種苗 5,000 個體				
		正在嘗試自行繁殖種苗				
		海膽若直接養在池中，清潔時有從高處摔落之風險，當前養在搬運箱中的方式較佳				
		選擇 6 號飼料粒徑 (10 mm) 作為量產規格				
		場中幾乎所有海膽殼徑達到 7 cm 以上	可逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餌量		×	×
114.08.27	2 訪	陰天遮陽網未收起	育肥中的海膽需要充足日照，陰天時建議將遮陽網收起		○	○

表 8. 七美鄉建興九孔養殖場歷次訪視海膽養殖狀況、輔導方建議及業者執行情形 (續)

日期	訪視 次數	業者口述與輔導方觀察	輔導方建議	是否執行建議		
				2 訪	3 訪	4 訪
114.09.18	3 訪	目前海膽飼料的規格太大 (9 號料粒徑 25 mm), 1 顆海膽吃不完 1 粒飼料, 管理困難				
		餵食飼料須每日管理觀察, 餵藻類可一次投放 3~4 天的量, 不須太多管理				
		仍以餵食藻類為主, 缺乏時再使用飼料	建議育肥階段以飼料餵食, 能大幅縮減育成時間, 進而減少成本與風險			×
		因龍鬚菜時常缺乏, 擬購買昆布交替餵食				
		代此次計畫量產的商業飼料到貨後, 才打算全餵食飼料				
		現場海膽殼徑多以成長至 8 cm 以上	海膽殼徑 6~7 cm 即可出售, 體型過大生殖腺轉化為精、卵, 會影響賣相與口感			○
114.10.15	4 訪	因龍鬚菜不斷缺貨, 只能從中國大陸買成本較昂貴的昆布餵食				
		有持續嘗試繁殖種苗				
		海膽體型皆已達 8 cm 以上, 仍以藻類為主食	以藻類育肥, 時間與金錢成本高過飼料			
		詳細的餵食量、殘餌量無紀錄, 難以取得				
			建議養殖池排水管採用雙套管, 增進池底髒污排除效率			
			完成上一項建議後, 可在池中飼養工作魚, 專食海膽的飼料殘餌, 減輕管理負擔			

果，提出 4 項建議：①建議每 20 顆海膽餵 10~15 顆飼料；②殘餌最多放置到第 2 日即須清除；③新進種苗先放在室內場適應環境，大約 1 週後可移至室外；④海膽種苗密度可從 1 籃 50 個體減少至 40 個體，降低因受傷感染而死亡的數量。

114 年 08 月 27 日進行 2 訪，業者表示自身有試著繁殖種苗，但結果並不理想，預計 09 月份再買入 5,000 個體稚膽，而對於海膽養殖模式的看法，其曾經嘗試將本種直接養在水泥池中，但常有成群個體攀附在最高水位處之情形，每次為清潔水池而將水排乾後，總有幾顆海膽會直接從池壁摔落死亡，認為現在以塑膠搬運箱飼養的方式較為妥當；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「新進種苗先放在室內場適應環境，大約 1 週後可移至室外」，與「海膽種苗密度可從 1 籃 50 個體減少至 40 個體」，因尚未購入種苗，無法判別實行情況，其餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖狀況的觀察中，發現場中的海膽皆已達到育肥體型以上，大多殼徑已達 7 cm，仍持續餵食龍鬚菜，又去訪當日為陰天，海膽養殖區的遮陽網卻未收起，光照度可能不足 (圖 22)。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 2 項建議：①可逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餵量；②育肥中的海膽需要充足的日照，若遇陰天建議將遮陽網收起。

114 年 09 月 18 日進行 3 訪，業者表示因龍鬚菜時常缺貨，當前的餵食策略係藻類與飼料輪流投餵，然而目前本種商業飼料的規格太大 (113 年 12 月產，9 號料規格，粒徑 25 mm)，1 顆海膽吃不完 1 顆飼料，且飼食後須每日觀察，增加管理負擔，不像藻類可一次投放 3~4 天的量，又無需擔心殘餌問題，故準



圖 22. 七美鄉建興九孔養殖場陰天時仍使用遮陽網

備向中國大陸購買昆布，填補龍鬚菜缺貨的時段，待取得本計畫量產之商業飼料後，才考慮嘗試全餵食飼料；本研究室向養殖戶確認此前提提供的各項建議執行狀況，當中，「新進種苗先放在室內場適應環境，大約 1 週後可移至室外」，與「海膽種苗密度可從 1 籃 50 個體減少至 40 個體」，因尚未購入種苗，無法判別實行情況，而「可逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餵量」因業主認為使用飼料會增加管理難度，暫無嘗試意願，其餘建議內容皆有落實；在對業者當前養殖狀況的觀察中，發現場內的海膽體型多達殼徑 8 cm 以上，向養殖戶確認賣售情形，得知本種暫無主動銷售通路。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 2 項建議：①建議育肥階段以飼料餵食，能大幅縮減育成時間，降低成本與風險；②海膽殼徑達 6~7 公

分即可育肥、出售，體型過大生殖腺轉化為精、卵，會影響賣相與口感。

114 年 10 月 15 日進行最後一次訪視 (4 訪)，業者表示已從中國大陸買進昆布 (圖 23)，填補龍鬚菜缺貨時期，但成本上



圖 23. 七美鄉建興九孔養殖場買入昆布填補龍鬚菜缺貨時期

升許多，飼料雖還有使用，但沒有紀錄確切的投餵量，大約 4~5 天餵食 1 次，較之前的使用頻率更低，而月初時向漁慶興水產行以 14 元/顆的價位買入殼徑 2~3 cm 稚膽 3,300 個體，目前正養在室內場適應環境，自己也有持續嘗試繁殖種苗，但尚未有成效，銷售方面，自上次訪視至今無遊客前來消費海膽；本研究室向養殖戶確認此前提供的各項建議執行狀況，當中，「可逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餵量」，與「建議育肥階段以飼料餵食，能大幅縮減育成時間，降低成本與風險」，因業主認為當前使用的餵食方式成效優良，且操作習慣、方便，無執行意願；針對減輕業者餵食飼料後的管理負擔，對當前養殖狀況進行觀察，發現養殖池的管路設計，無法從池外調節池內水位，所以水池中必須使用溢流管，這使水泥池的進出水口都在表層，水體交換效率以及底部髒汙排除效率皆不佳，又池中雖養有九孔 (*Haliotis diversicolor*)、紫海膽 (*Anthocidaris crassispina*) 及口鰓海膽 (*Stomopneustes variolaris*) 作為工作生物，但這些物種攝食速度緩慢且容易被池壁、池底生長的附著藻吸引，工作效

率不佳。綜合受輔導戶提供的資訊，與本實驗室觀察之結果，提出 3 項建議：①建議採用雙套管，增進水體交換與池底髒汙排除效率；②完成上一項建議後，養殖池中可飼養工作魚，專食從塑膠搬運箱調出的飼料殘餌，減少水質汙染源，降低管理負擔；③將藻類作為育肥用餌料，無論時間還是金錢成本皆高過飼料，建議以飼料作為育肥的主要手段，餌料作營養補充即可。

本計畫透過紀錄表與赴現場實地訪視之方式，蒐集並歸納 3 戶業者在實際操作中所面臨的共通問題，將整體結果分為管理方法與餵食策略兩方面進行說明。在管理方法上部分養殖戶存在環境維護不良與清潔管理不足之情形，現場觀察顯示，有業者於池中放置多天殘餌，並直接擠壓使池水混濁、水質受影響，且所有場域都缺乏統一且完整的養殖紀錄機制，管理資訊分散，增加後續追蹤與效益評估之困難；餵食策略方面，部分養殖戶之投餵量與頻率並未依海膽實際攝食情形調整，普遍存在餵食量過多、未能即時清除殘餌等問題，甚至還有飼、餌料同時使用的狀況，此般現象除造成飼料浪費外，也易導致水質惡化與池底積汙，進而影響本種成長表現。綜合而言，養殖戶在管理層面上仍需加強水質維護及日常紀錄之習慣，而餵食策略上，應建立依攝食狀況與環境條件調整的投餵制度，以提升養殖效率。經歷共 4 次的現場訪視與技術建議後，部分業者已依建議進行改善措施，包含調整餵食量與頻率，並加強殘餌清除作業。隨著訪視次數增加，多數養殖戶的水質穩定度與海膽攝食活動均有明顯提升。本次輔導已協助業者在管理及投餵操作上建立初步標準化流程，對提升白棘三列海膽養殖效率與環境品質具正面成效。

二、客製化海膽飼料生產及試驗

(一) 商業飼料量產

本研究室於 114 年 08 月 20 日前，統合馬公市宏安養殖場、望安鄉岩川養殖場及七美鄉建興九孔養殖場，共 3 戶業者對初代海膽商業飼料的使用回饋，歸納出：①太過平面，不適合海膽啃食；②耐水性太持久、太硬，剛入水時本種難以攝食；③粒徑太大，若不超量投餵或敲碎後餵食，難使所有個體都能攝食到飼料。共 3 項缺點，並提出：①將飼料外型改為長條狀；②耐水時間從 48~60 小時調降至 12~36 小時；③粒徑從 25 mm 縮小至 7 或 10 mm。共 3 項對應的解決辦法，接著在 08 月 29 日，所有業主認同上述解決方案，並統一選擇 10 mm 為新一代飼料之粒徑後，我方即連繫協益飼料公司排程製造。對方在 09 月 19 日使用石斑魚飼料之配方，按本實驗室提出的規格進行試生產，產出樣品粒徑為 10 mm、長度為 20~25 mm 不易斷裂，但有水份較不易烘乾的情形，須提高抑菌劑添加量預防發霉，故請本研究團隊測試飼料中丙酸鈣含量增加，對本種適口性之影響，研究小組在 09 月 24 日完成試驗，結果為不影響，回報予飼料商後，對方經過約 2 週的行政流程，排訂 10 月 15 日進行正式生產，但成品因浮力太強宣告失敗，又於 10 月 17 日進行第 2 次生產，總量約 3,500 kg (圖 24) 定 10 月 20 日以航運與陸



圖 24. 海膽商業飼料

運方式繳交給澎湖水產種苗場，但因強勁東北季風及颱風外圍環流共伴效應影響，海象極為不佳，故延期至 10 月 27 日完成送繳。本次生產飼料以 20 kg 為一包裝，每包定價 1,300 元。

(二) 飼料育肥效益評估

評估方式包含「生殖腺指數分析」與「生殖腺色澤評估」，詳細結果如下所述：

1. 生殖腺指數分析

Day 0 飼料組與藻類組的平均殼徑，分別是 51.60 ± 4.43 mm 與 50.32 ± 5.40 mm，兩組間無顯著差異 ($p = 0.59$)，平均體濕重分別是 55.0 ± 11.2 g 與 53.5 ± 13.0 g，兩組間亦無顯著差異 ($p = 0.80$)，得知兩組海膽的基礎條件具備同質性。雙因子變異數分析結果顯示，處理方式 ($p = 0.001$) 與餵食週數 ($p = 0.039$) 對 GSI 皆有顯著影響，但處理方式以及餵食週數之間的交互作用並不顯著 ($p = 0.072$) (表 9)，因此對兩項效應進行單獨解釋。表 10 呈現 Tukey HSD 事後檢定之結果，在餵食方法上，飼料組

表 9. 飼料育肥效益評估雙因子變異數分析結果

變數	自由度 (Df)	平方和 (Sum Sq)	均方 (Mean Sq)	F 值 (F value)	p 值 (Pr(>F))
處理 (餵飼料/藻類)	1	138.06	138.06	24.095	0.00118*
週數 (第 1~4 週)	3	77.75	25.92	4.523	0.03903*
處理 x 週數	3	59.23	19.74	3.445	0.07184
殘差	8	45.84	5.73		

註：* $p < 0.05$

表 10. 飼料育肥效益評估 Tukey HSD 事後檢定結果摘要

變數	比較組別	平均數差異 (diff)	95% 信賴區 間下限	95% 信賴區 間上限	校正後 p 值 (p adj)	顯著性
處理	飼料 vs. 藻類	5.875	3.115	8.635	0.00118*	顯著
週數	4 vs. 1	6	0.5796	11.42	0.03099*	顯著
週數	4 vs. 2	4.4	-1.02	9.82	0.117	不顯著
週數	其他比較	(略)			(>0.05)	不顯著

註：* $p < 0.05$ 。此表格僅顯示顯著或接近顯著的比較結果。

GSI 之平均值從實驗後第 1 週的 6.2，逐步增加到第 4 週的 14.9 呈穩定且持續上升的趨勢，相較之下藻類組在實驗後第 1 週的 GSI 平均值為 6.0，在第 3 週下降至 3.5，隨後於第 4 週急遽上升至 9.3，在整個實驗期間，表現皆不如餵食飼料，再將兩組歷次測得之 GSI 一同觀察，可看出即使斜率略有不同，但趨勢大致平行，整體水平隨著週數提高，尤其在第 4 週達到最高值 (圖 25)，能得出商業飼料與藻類兩種餵食方式，對 GSI 的影響模式不會隨飼食週期推進而發生根本性改變，同時還代表實驗過程中可能有餵食方式以外的影響。

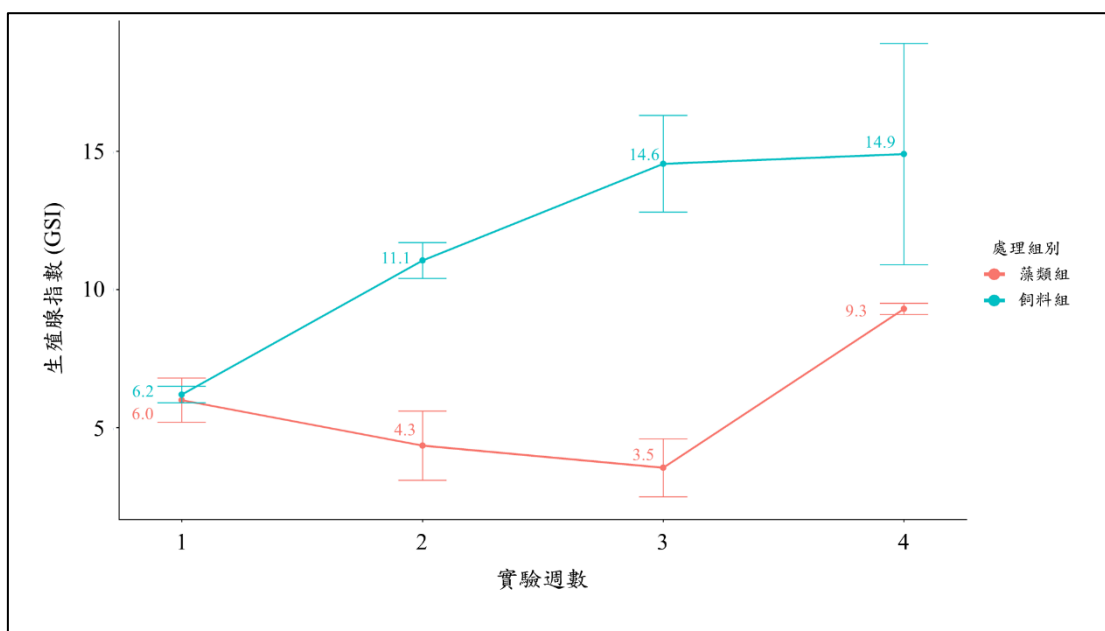


圖 25. 飼料育肥效益評估不同餵食方法對海膽生殖腺指數之影響

2. 生殖腺色澤評估

各次解剖後進行生殖腺比色 (圖 26)，所記錄之色碼與對應色澤呈現於表 11 中，實驗後第 0 日，取 3 個體作初始數據，生



圖 26. 飼料育肥效益評估以色卡對海膽生殖腺色澤進行判別

表 11. 飼料育肥效益評估生殖腺色澤評估結果

日期	114.09.17		114.09.24	114.10.01	114.10.08	114.10.15
實驗後日數	0		7	14	21	28
初始值	RAL 1017	飼料組	RAL 1034	RAL 1017	RAL 1014	RAL 1017
	RAL 1034		RAL 1017	RAL 1034	RAL 1017	RAL 1017
	RAL 1034	藻類組	RAL 1034	RAL 1007	RAL 1037	RAL 1014
			RAL 1021	RAL 1007	RAL 1037	RAL 1002

殖腺對應之色碼分別為 RAL 1017 與 RAL 1034 兩種，當中，RAL 1017 在飼料組 4 次的採樣中皆有出現，共有 5 個體表現出該色澤，藻類組則無，而 RAL 1034 在飼料組實驗後第 7 日與第 14 日出現，共 2 個體，藻類組則在實驗後第 7 日出現，計 1 個體，又藻類組歷次採樣所記錄之色澤皆不同，整體結果顯示，飼料組海膽各次紀錄之生殖腺色澤與初始值較為相近，呈色變化較穩定，反觀藻類組有持續改變的情形。

三、水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究

實驗飼料組成分如表 12 所示，飼料水分含量在 5.75~9.50 %之間，灰分含量在 4.92~9.00 %之間，粗蛋白含量在 47.25~48.49 %之間，粗脂質在 11.59~12.70 %之間，粗纖維含量在 13.27~24.06 %之間。結果顯示實驗飼料中粗蛋白與粗脂質均無顯著差異。烏賊粉組

(SQM) 水分最高，豆粉 (SBM) 與紫蘇粕 (PM) 組次之，隨後為干貝內臟粉組 (SCM)，魚粉組 (FM) 和黑水虻幼蟲粉組 (BSFL) 最低。灰分方面，SCM 最高，之後依序為 FM、BSFL、SQM、PM，SBM 最低。粗纖維方面，PM 最高，之後依序為 SQM、BSFL、SCM、FM，SBM 最低。

表 12. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組實驗飼料之成分分析

Analyzed composition (as fed)	Control (FM)	SQM	SCM	SBM	PM	BSFL ¹
Moisture	5.75	9.50	7.20	8.45	8.04	6.13
Ash ²	8.31	5.57	9.00	4.92	5.43	6.71
Crude protein ²	48.49	47.68	47.51	47.25	48.14	47.60
Crude lipids ²	12.70	12.68	11.99	12.24	11.59	12.20
Crude fiber ²	17.94	21.03	18.47	13.27	24.06	19.05
NFE ³	12.56	13.04	12.76	22.05	10.78	14.44
Calculated energy ⁴	358.50	357.00	348.99	387.36	339.99	357.96
(kcal/100 g)						

¹ BSFL meal: Black soldier fly larvae meal.

² Expressed as a percent of dry weight.

³ Nitrogen free extract (NFE): [100 - (crude protein + crude lipids + crude fiber + ash)] (%).

⁴ Protein, 4 kcal / g, carbohydrate, 4 kcal / g, lipid 9 kcal / g

飼料之胺基酸組成分析見表 13，在實驗飼料之必需胺基酸組成方面，PM 有最高的精胺酸 (Arginine)含量 (3.28 %)，BSFL 最低 (1.64 %)，其餘組別約落在 2.09~2.38%之間。FM 有著最高的離胺酸 (Lysine)與甲硫胺酸 (Methionine)含量 (3.69 %；1.43 %)，其餘組別分別落在 2.55~2.96 %與 0.91~1.11 %之間，其中 SQM 和 PM 的離胺酸含量偏低。以植物性蛋白來源組別的甲硫胺酸含量均小於 1%。FM 的蘇胺酸 (Threonine)含量 (1.93%)和 BSFL 的纈胺酸 (Valine)含量 (2.81 %)，與各組相比，分別為最高含量。另外，FM 的總必需胺基酸 (Essential amino acid, EAA)和總胺基酸 (Total amino acid, TAA) 含量均是最高的，分別為 22.43 %及 46.82 %。

表 13. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組實驗飼料胺基酸組成分析

Composition	Treatments					
	FM	SQM	SCM	SBM	PM	BSFL
Arginine	2.38	2.09	2.15	2.33	3.28	1.64
Histidine	1.23	1.11	1.16	1.23	1.31	1.23
Isoleucine	2.45	2.28	2.14	2.37	2.12	2.30
Leucine	3.93	3.55	3.40	3.64	3.46	3.47
Lysine	3.69	2.60	2.95	2.96	2.55	2.96
Methionine	1.43	1.00	1.11	0.91	0.91	1.06
Phenylalanine	2.17	2.15	1.95	2.27	2.26	2.07
Threonine	1.93	1.62	1.78	1.75	1.65	1.66
Valine	2.77	2.53	2.50	2.60	2.58	2.81
Tryptophan	0.45	0.43	0.40	0.47	0.42	0.47
EAA*	22.43	19.36	19.54	20.53	20.54	19.67
Tyrosine	1.51	1.57	1.34	1.69	1.44	1.94
Alanine	2.18	1.65	1.91	1.58	1.67	2.21
Aspartate	4.08	3.61	3.29	3.88	3.16	3.30
Cystine	0.09	0.14	1.83	0.17	0.29	3.04
Glutamate	8.79	8.89	7.99	9.11	9.37	7.79
Glycine	2.11	1.48	2.45	1.38	1.51	1.62
Proline	3.36	3.18	3.64	3.53	3.28	3.60
Serine	2.27	2.06	2.13	2.24	2.26	1.99
TAA*	46.82	41.94	44.12	44.11	43.52	45.16

*EAA: essential amino acid ; TAA: total amino acid.

水晶鳳凰螺餵食不同蛋白質來源飼料 56 天後對末重、增重率、特異成長率和活存率之影響見表 14。水晶鳳凰螺餵食蛋白來源 SCM 後，其末重 (1.39 ± 0.12 g)、增重率 ($203.67 \pm 28.58\%$)及特異成長率 ($1.97 \pm 0.16\% / \text{day}$)均顯著高於其他組別，之後依序為 SQM、FM、BSFL、SBM 及 PM，其中 PM 的增重率為 $29.21 \pm 10.02\%$ ，顯著低於 FM、SQM 與 SCM 組。所有組別的活存率皆為 100%。

表 14. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對體末重、增重率、特異成長率和活存率之表現

Treatments	IW (g)	FW (g)	WG (%)	SGR (% / day)	Survival (%)
FM	0.46±0.01	0.83±0.05 ^{bc}	80.91±5.29 ^{bc}	1.06±0.05 ^b	100
SQM	0.46±0.02	0.98±0.04 ^b	114.77±13.72 ^b	1.36±0.11 ^b	100
SCM	0.46±0.03	1.39±0.12 ^a	203.67±28.58 ^a	1.97±0.16 ^a	100
SBM	0.46±0.01	0.62±0.02 ^d	35.11±7.45 ^{cd}	0.53±0.10 ^c	100
PM	0.45±0.02	0.58±0.06 ^d	29.21±10.02 ^d	0.45±0.14 ^c	100
BSFL	0.46±0.02	0.66±0.05 ^{cd}	43.78±15.77 ^{cd}	0.63±0.21 ^c	100

IW: Initial weight, FW: Final weight, WG: Weight gain, SGR: Specific growth rate

The data are mean values ± SE (n=3).

a, b, c, d Means in the same column with the different letter are significantly different ($p < 0.05$).

水晶鳳凰螺餵食不同蛋白質來源飼料 56 天後對末殼長、增長率和軟組織體重比之影響見表 15。水晶鳳凰螺餵食蛋白來源 SCM 後，其末殼長 (26.98 ± 0.95 mm)和增長率 ($45.13 \pm 4.94\%$)均顯著高於其他組別，SQM 及 FM 次之，BSFL、SBM 與 PM 顯著低於其他各組。食用飼料組別的軟組織體重比與初始組相比，都有上升的趨勢，並且攝食 FM、SCM 和 BSFL 的組別顯著高過初始組，飼料組之間則無顯著差異。

表 15. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後的末殼長、增長率和軟組織體重比之表現

Treatments	Initial length (mm)	Final length (mm)	Length gain (%)	SB ratio (%)
Initial	18.18±0.08	-	-	23.22±0.19 ^b
FM	18.48±0.10	22.77±0.51 ^b	23.18±2.27 ^b	26.31±1.38 ^{ab}
SQM	18.48±0.19	24.05±0.33 ^b	30.22±2.68 ^b	24.42±0.64 ^{ab}
SCM	18.60±0.31	26.98±0.95 ^a	45.13±4.94 ^a	26.61±1.12 ^a
SBM	18.48±0.10	20.47±0.27 ^c	10.78±1.75 ^c	24.20±0.74 ^{ab}
PM	18.42±0.12	20.09±0.47 ^c	9.05±1.93 ^c	24.39±1.20 ^{ab}
BSFL	18.45±0.15	20.92±0.53 ^c	13.46±3.82 ^c	26.54±0.55 ^a

The data are mean values ± SE (n=3).

a, b, c Means in the same column with the different letter are significantly different ($p < 0.05$).

水晶鳳凰螺餵食不同蛋白質來源飼料 56 天後對內臟重、臟體比、肌肉重和肌體比之影響見表 16。水晶鳳凰螺餵食 SCM 組別後，其內臟重為 0.200 ± 0.028 g，顯著高於其他組別，其次為 SQM 組的 0.117 ± 0.004 g，之後依序為 BSFL、FM、SBM 與 PM。在臟體比數據上，除了 FM 組之外，相比於初始組，其餘飼料組的臟體比皆有上升的趨勢，並且 SCM 和 BSFL 組顯著高於初始組。在肌肉重量方面，SCM (0.175 ± 0.017 g)顯著高於其他組別，FM 和 SQM 次之，BSFL、SBM 和 PM 顯著最低。另外，FM 的肌體比 ($16.93 \pm 0.35\%$)顯著高於其他組別，而各組之間與初始組均無顯著差異。

表 16. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對內臟重、臟體比、肌肉重和肌體比之表現

Treatments	Viscera weight (g)	VSI (%)	Muscle weight (g)	MSI (%)
Initial	-	10.46 ± 0.12^{bc}	-	12.75 ± 0.30^b
FM	0.080 ± 0.010^{bc}	9.38 ± 1.11^c	0.142 ± 0.010^b	16.93 ± 0.35^a
SQM	0.117 ± 0.004^b	11.82 ± 0.47^{ab}	0.123 ± 0.003^b	12.61 ± 0.21^b
SCM	0.200 ± 0.028^a	14.10 ± 1.03^a	0.175 ± 0.017^a	12.51 ± 0.37^b
SBM	0.074 ± 0.004^c	11.92 ± 0.63^{ab}	0.076 ± 0.002^c	12.28 ± 0.10^b
PM	0.070 ± 0.006^c	12.06 ± 0.61^{ab}	0.071 ± 0.005^c	12.34 ± 0.59^b
BSFL	0.092 ± 0.006^{bc}	14.17 ± 0.18^a	0.080 ± 0.007^c	12.38 ± 0.37^b

The data are mean values $\pm$ SE (n=3).

a, b, c Means in the same column with the different letter are significantly different ($p < 0.05$).

水晶鳳凰螺餵食不同蛋白質來源飼料 56 天後對肌肉體組成之影響見表 17。水晶鳳凰螺肌肉的水分、粗蛋白和總脂質的範圍分別為 72.56-78.10%；69.57-75.40；1.07-4.36%。除了 FM 組有較高的水分 ($78.10 \pm 2.23\%$)外，其他組別沒有顯著差異。FM 組有著最高的粗蛋白含量 ($75.40 \pm 2.08\%$)，顯著高於 PM 組 ($69.57 \pm 1.52\%$)和初始組 ($68.60 \pm 1.58\%$)，剩餘組別之間則沒有顯著差異。在總脂質方面，BSFL

組有最高的總脂質含量 ($4.36 \pm 0.08\%$)，之後依序為 SQM、SCM、FM、SBM 及 PM，其中 PM 組的總脂質含量 ($1.07 \pm 0.06\%$) 顯著低於所有組別，並且，除了 PM 組之外，所有飼料組總脂質含量均顯著高於初始組，PM 組則顯著低於初始組。

表 17. 水晶鳳凰螺飼料蛋白質效益研究各組稚螺攝食飼料 56 日後對肌肉體組成之影響

Treatments	Moisture	Crude protein*	Total lipid*
Initial	73.36 ± 1.13^b	68.60 ± 1.58^b	2.46 ± 0.10^d
FM	78.10 ± 2.23^a	75.40 ± 2.08^a	3.67 ± 0.34^{bc}
SQM	75.08 ± 1.19^{ab}	73.35 ± 0.29^{ab}	4.11 ± 0.19^{ab}
SCM	73.58 ± 1.30^{ab}	71.42 ± 1.23^{ab}	3.68 ± 0.18^{bc}
SBM	72.56 ± 1.03^b	70.59 ± 0.57^{ab}	3.19 ± 0.12^c
PM	73.30 ± 1.39^b	69.57 ± 1.52^b	1.07 ± 0.06^e
BSFL	75.32 ± 0.45^{ab}	71.72 ± 2.30^{ab}	4.36 ± 0.08^a

*% of dry weight.

The data are mean values $\pm$ SE (n=3).

a, b, c, d, e Means in the same column with different letter significantly differ ($p < 0.05$).

四、 附加研究一於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺 育成率

以下對水晶鳳凰螺稚螺，在無底質的裸缸組，與鋪設美國矽沙作為底質的矽沙組，兩種不同底質條件下，養殖 70 日之殼長成長、體濕重成長、增重百分率、特異生長率、殼長增長率以及活存率進行比較。

首先觀察殼長成長，Day 0 時裸缸組的平均殼長為 29.06 ± 0.04 mm，到 Day 70 時成長至 30.52 ± 0.13 mm，呈穩定且持續上升之趨勢，再看矽沙組於 Day 0 時的平均殼長為 29.06 ± 0.05 mm，到 Day 14 急遽成長至 30.38 ± 0.07 mm，之後便穩定成長至 Day 70 的 31.29 ± 0.21 mm，實驗期間的表現皆優於裸缸組，從 Day 14 起便有顯著差異 ($p < 0.05$)，不過兩組的誤差線也顯示出矽沙組的組內個體差異

較裸缸組大 (圖 27)，代表前者可能存在其它變因，導致生物的成長速度不一。

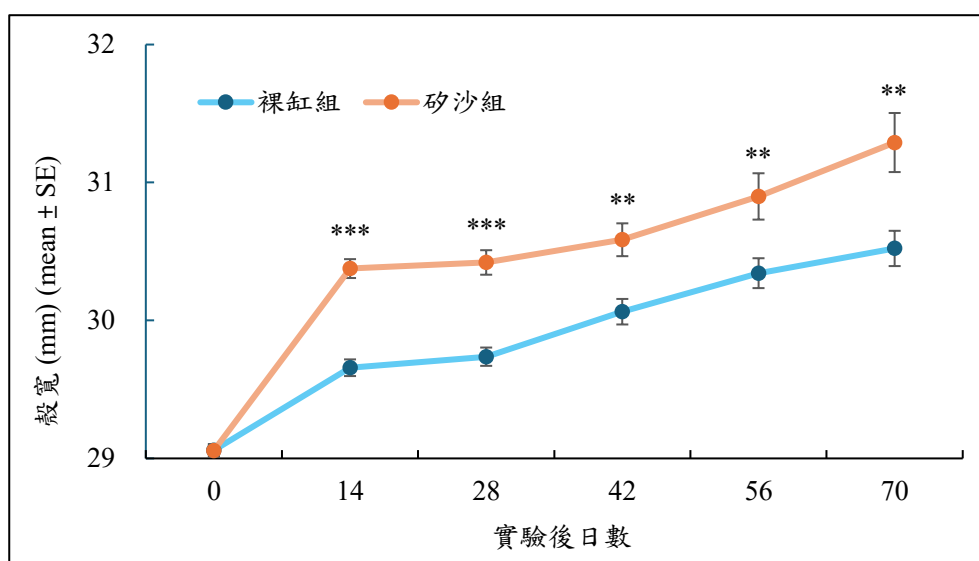


圖 27. 不同底質環境養殖水晶鳳凰螺稚螺 70 日對殼長成長之影響。** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

觀察兩實驗組體濕重之成長，在 Day 0 時裸缸組的平均體濕重為 1.968 ± 0.031 g，Day 70 為 2.369 ± 0.043 g，呈穩定且持續上升之趨勢，接著，矽沙組於 Day 0 時的平均體濕重為 1.943 ± 0.036 g，Day 70 為 2.456 ± 0.061 g，同樣呈現平穩增長的趨勢，在整個實驗期間，於 Day 14 後表現雖一直優於裸缸組，卻無顯著差異 ($p > 0.05$)，兩組誤差線的差距也不明顯，且高度重疊 (圖 28)。

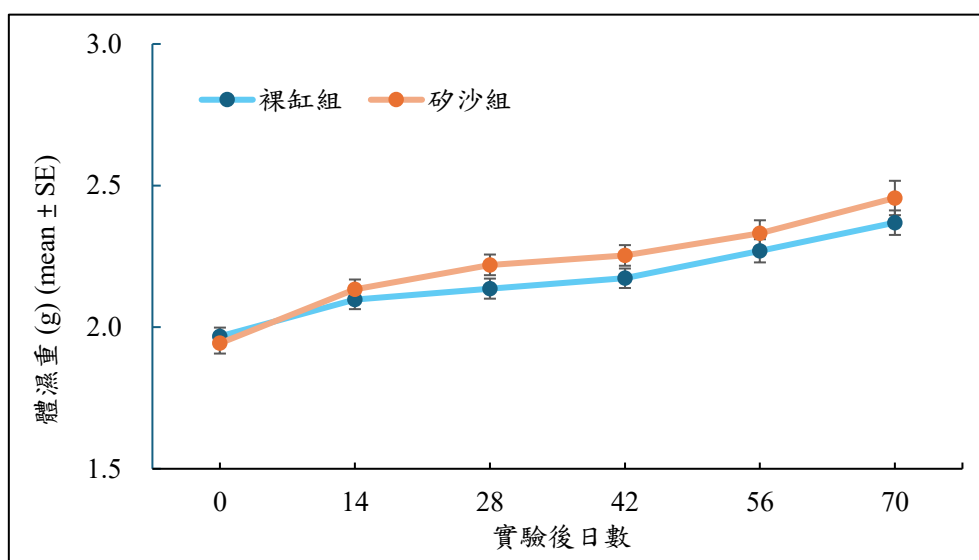


圖 28. 不同底質環境養殖水晶鳳凰螺稚螺 70 日對體濕重成長之影響

本研究進行 70 日養殖試驗後的體濕重初重、末重，增重百分率及特異生長率在表 18 中呈現；殼長初長、末長，殼長增長率以及活存率在表 19 中呈現。結果顯示，兩實驗組無論是體濕重初重，還是殼長初長皆無顯著差異，代表兩組水晶鳳凰螺稚螺的基礎條件具備同質性，而體濕重末重與殼長末長之數據，皆是矽沙組 (SS group) 高過裸缸組 (BB group)，當中，殼長末長還有顯著差異 ($p=0.003$)，接著觀察增重百分率 (Weight gain, WG)、特異生長率 (Specific growth rate, SGR) 以及殼長增長率 (Length gain) 等評估成長效益之指標，雖然統計結果顯示，兩組之間並無顯著差異，但矽沙組的數值同樣高過裸缸組，最後，兩組活存率皆為 100%，以上結果表明不同底質對本種的活存率並無直接影響，但會產生成長速度的差異，特別是在殼徑成長上。

表 18. 以不同底質養殖 70 日之水晶鳳凰螺稚螺的體濕重初、末重，增重百分率以及特異生長率

Treatment	IW (g)	FW (g)	WG (%)	SGR (% / day)
BB group	1.968 ± 0.031	2.369 ± 0.043	20.447 ± 0.988	0.266 ± 0.012
SS group	1.943 ± 0.036	2.456 ± 0.061	26.433 ± 3.388	0.334 ± 0.038

IW : Initial weight, FW : Final weight, WG : Weight gain, SGR : Specific growth rate

The data are presented as mean values ± standard error (SE). Initial (IW) and final weights (FW) were measured from 30 individual ($n=30$). Weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) were calculated from three replicate groups ($n=3$). There were no significant differences between treatments for IW, FW, WG and SGR ($p>0.05$).

表 19. 以不同底質養殖 70 日之水晶鳳凰螺稚螺的殼長初、末長，殼長增長率以及活存率

Treatment	Initial length (mm)	Final length (mm)	Length gain (%)	Survival (%)
BB group	29.06 ± 0.04	30.52 ± 0.13	5.03 ± 0.78	100 ± 0
SS group	29.06 ± 0.05	31.29 ± 0.21**	7.68 ± 1.42	100 ± 0

The data are presented as mean values ± standard error (SE). Initial and Final length were measured from 30 individual ($n=30$). Length gain and Survival were calculated from three replicate groups ($n=3$). For final length, there was a significant difference between the SS group and the BB group ($p<0.01$). No significant differences were found for the other variables (initial length, length gain, and survival) ($p>0.05$). * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

肆、 討論

商業飼料餵食量之調整與管理建議

研究結果顯示，白棘三列海膽養殖現場中，水質惡化與死亡事件，大多不是環境變化所引起，而是因錯誤的餵食量與對殘餌不當處理所導致，在缺乏養殖紀錄的狀況下，業者常以直覺判斷當日飼料的投餵量，且未依攝食狀況進行調整，又有將殘餌長時間滯留於箱網中的行為，導致池水富含大量有機質，促進藻類繁生，進而發生損耗事件，顯示餵食量不當為水質問題的根本原因，因此，確立適當的投餵量，是本種養殖管理的首要課題。

已有許多文獻指出，海膽的日攝食量 (%Body Weight / day, %BW/day, 每日攝食量占體重百分比) 受到諸多因素影響，包括水溫、體型、密度以及飼料形狀等 (Lawrence & Lawrence, 2023)，綠海膽 (*Strongylocentrotus droebachiensis*) 的日攝食量約為體重的 1.3~4.1%，但會隨著水溫與餌料種類而有 0.1~1.8 % 的變動 (Siikavuopio *et al.*, 2006；Cook & Kelly, 2007)，雜色海膽 (*Lytechinus variegatus*) 的日攝食量約為體重的 2~3%，最高可達 4% (Hammer *et al.*, 2006)，而本種以人工飼料或藻類餵食時，日攝食量約為體重的 2~5% (Heflin *et al.*, 2012；Onomu *et al.*, 2020) (表 20)，又飼料的粒徑、耐水性及投餵頻率

表 20. 不同海膽之日攝食量 (%BW/day) 與影響因素比較

海膽種類 (Species)	棲地	飼料來源／條件	日攝食量 (%BW/day)	主要影響因子	參考文獻
綠海膽 (<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>)	溫帶	新鮮藻類或人工餌料，4–12 °C	1.3~4.1	水溫、餌藻種類、性成熟期	Siikavuopio <i>et al.</i> , 2006；Cook & Kelly, 2007
雜色海膽 (<i>Lytechinus variegatus</i>)	亞熱帶~溫帶	配方飼料、人工餌料	2~3 (最高約 4)	飼料配方、粒徑、餵食頻率	Hammer <i>et al.</i> , 2006
白棘三列海膽 (<i>Tripneustes gratilla</i>)	熱帶	人工配方飼料／含 <i>Ulva</i> 餌料	2~5	飼料性狀、水溫、體型	Heflin <i>et al.</i> , 2012；Onomu <i>et al.</i> , 2020

同樣也是影響海膽攝食量的關鍵因素，粒徑過大會降低攝食效率，以少量多餐的方式飼食，可提高消化吸收率並減少殘餌 (Hammer *et al.*, 2006；Shpigel *et al.*, 2005)。

本研究中，各業者使用的均是協益飼料公司生產的第一代海膽商業飼料 (粒徑 25 mm，單顆重量約 4.5 g)，因顆粒過大，有養殖戶反應一顆海膽吃不完一顆飼料，但若餵食過少，又有個體無法進食，故有超量投餵導致殘餌堆積與油脂外滲之情形，此時若再繼續投放，將使水質更加惡化。望安鄉岩川養殖場的訪視結果顯示，對殼徑 60~70 mm 的海膽，每日以 10 個體投 3~4 顆飼料的比例餵食，投餵重量為 13.5~18.0 g 佔殼徑的 2.25~2.57 % (% test diameter / day, %TD/day，每日攝食量佔殼徑百分比)，將飼料剪碎後，進行少量多餐飼食，可控制殘餌率於 5 % 以下，既能穩定水質又能使海膽正常成長。依據本研究室 112、113 兩年度實驗成果，本種殼徑 60~70 mm 時，每個體的飼料餵食量為 2.47~3.38 g，佔殼徑 4.12~4.83 %，殘餌率從投餵第 1 日的 15 % 到第 7 日後遞減為 1 % 以下。

綜上所述，本研究判斷餵食白棘三列海膽飼料前應經過馴餌，而在使用當前配方製作的飼料進行投餵時，日餵食量應控制在 5 %TD/day，並建議分 2~3 次餵食以根據殘餌即時調整飼食量。另外，第二代海膽商業飼料已於 114 年 10 月 17 日製作完成，並在 10 月 28 日繳付予澎湖水產種苗場，粒徑縮小至 10 mm，從錠狀改為長條狀，應更有利於業者控制投餵量。

養殖密度管理與底面積覆蓋率之應用

本研究在輔導過程中發現，部分業者因養殖密度過高，導致白棘三列海膽出現殘食的現象，顯示高密度條件下，個體間會競爭有限的

空間、互相干擾攝食，使能量利用效率低下並影響育成率。

Siikavuopio *et al.* (2007) 以殼徑 43~48 mm 的綠海膽 (*Strongylocentrotus droebachiensis*) 為實驗對象，設定 3~16 kg m⁻² 不同密度飼養，結果顯示當密度超過 6 kg m⁻² 時，死亡率上升至 60~80 %，且性腺生長顯著下降。Siikavuopio & James (2011) 針對殼徑約 8~12 mm 的綠海膽進行 380 天長期試驗，結果顯示低密度 (0.25 kg / m²) 與中密度 (0.5 kg / m²) 組的存活率皆為 100 %，且體重增長率顯著高於高密度 (1 kg / m) 組，後者存活率僅 67 %。兩項研究均指出，密度升高會導致個體間碰撞與壓力反應，使能量分配從成長與生殖轉向維持代謝與修復。

Unuma *et al.* (2015) 以殼徑 30~35 mm 的中間球海膽 (*S. intermedius*) 進行試驗，證實高密度 (400 inds. / m²) 會降低攝食量與性腺生長速度，並觀察到個體間聚集與壓力行為增加，建議控制密度於 100~200 inds. / m² 以維持生長效率。Warren-Myers *et al.* (2020) 以殼徑 55~65 mm 的短刺海膽 (*Heliocidaris erythrogramma*) 為研究對象，在可控循環水系統中進行育肥試驗，結果顯示高密度組 (約 10 inds. / 9 L，換算約 40~50 inds. / m²) 中健康個體比例下降 20~30 %，性腺品質與商品評級亦顯著降低；低密度組 (約 23 inds. / m²) 則表現最佳。Gago & Luís (2010) 對紫海膽 (*Paracentrotus lividus*) 的研究亦發現，高密度 (≥300 inds. / m² 表示方式) 對生長率下降、能量分配偏向維持代謝。綜觀各項研究，密度效應與個體體型密切相關 (表 21)，

表 21. 各項研究探討海膽養殖密度之標準

研究	種類	試驗個體大小 (殼徑, mm)	密度範圍	密度建議
Siikavuopio <i>et al.</i> (2007)	<i>S. droebachiensis</i>	43~48	3~16 kg / m ²	3~6 kg / m ²
Siikavuopio & James (2011)	<i>S. droebachiensis</i>	8~12	0.25~1 kg / m ²	< 0.5 kg / m ²
Unuma <i>et al.</i> (2015)	<i>S. intermedius</i>	30~35	100~400 ind. / m ²	100~200 ind. / m ²
Warren-Myers <i>et al.</i> (2020)	<i>H. erythrogramma</i>	55~65	23~50 ind. / m ²	20~25 ind. / m ²

當單位面積上個體尺寸與活動需求的總和超過可容忍範圍時，無論以重量或個體數表示，皆會導致成長與性腺品質下降，顯示「密度」必須與體型條件一併考量。

在以沉性飼料進行飼養的情況下，海膽的攝食行為主要集中於籠底，因此底面可利用空間成為影響生長與攝食效率的重要因素。單純以「個體數／面積」作為密度指標，往往無法反映實際擁擠程度。即使放養密度相同，若個體體型或籠具設計不同，海膽實際可活動的空間仍可能差異數倍。James *et al.* (2017) 以「底面積覆蓋率 (Bottom Coverage Ratio, BCR)」評估密度效應，依據殼徑估算各組覆蓋面積與底面積之比，發現當覆蓋率超過 50~60 % 時 SGR 與存活率明顯下降，而 30~40 % 範圍內生長最穩定。作者指出，BCR 較傳統以單位面積放養數為準的方式更能準確描述不同體型間的密度效應。De Vos *et al.* (2024) 針對白棘三列海膽進一步驗證此結果，並發現籠高與覆蓋率存在交互作用：當籠高 15 cm、覆蓋率約 20 % 時 SGR 與攝食效率最高；覆蓋率超過 25 % 後，局部水體交換不良、籠底易累積有機碎屑與排泄物，導致生長抑制與棘刺損傷增加。作者認為，中等覆蓋率（約 15~25 %）搭配較淺籠具能兼顧水流與能量利用效率。綜合以上研究可知，底面積覆蓋率能同時反映體型、密度與水流條件，是較傳統放養數量更能準確評估海膽生長與性腺發育的指標。

依據現有文獻與現場輔導經驗，白棘三列海膽在覆蓋率 20~40 % 範圍內可兼顧飼料利用與水體交換，當覆蓋率超過 50 % 時，應即時分養，以防止局部擁擠與底部沉積物累積。以馬公市宏安養殖場的塑膠搬運箱為例（底面積約 0.34 m²），放養平均殼徑 30 mm 稚膽約 50 個體時覆蓋率約 15 %，成長至 60 mm 時提升至約 45 %，此範圍內為可接受密度，而當殼徑達 70 mm 以上時，覆蓋率將超過 60 %，需減

少放養量以維持穩定成長。實務上可透過抽樣測量定期估算覆蓋率，並以 50 % 作為調整密度的警戒值，此方式簡便易行，能即時掌握本種養殖擁擠狀況並提升育成效率與飼料利用率。

養殖水深配置與管理建議

承接前述密度與底面積覆蓋率的討論，養殖水深及箱網／網籃高度亦為影響白棘三列海膽成長與攝食效率的重要因素。不同水層條件除影響餌料分布與溶氧交換外，亦會改變海膽的取食行為與能量利用，因此合理的水深配置對維持穩定的養殖環境與生產效益至關重要（Andrew *et al.*, 2002）。

本研究所輔導之業者多採用箱網或塑膠搬運箱養殖白棘三列海膽，籃內有效水深介於 0.3~0.4 m，以便於操作、觀察及殘餌清除，此設計同時避免過深網具可能引發的攝食率降低問題，多數業者將養殖箱固定在池深 1.5~3 m 的水體中，整體水層條件穩定。僅望安鄉岩川養殖場採室內流水式系統，總水深 0.2~0.6 m，雖有助提升作業效率與飼料回收，仍需注意水體循環與溶氧維持，以防底層環境惡化（Cook & Kelly, 2007）。

De Vos *et al.* (2024) 針對箱網養殖白棘三列海膽進行實驗，結果顯示網具有效水深對個體攝食與成長具顯著影響。水深 15 cm 組之平均攝食量、增重率與 GSI 皆高於 30 cm 組，顯示淺網具設計可提升餌料可及性 (feed accessibility)，並使飼料在籠底分布更均勻，促進整體成長表現。由於海膽主要依賴化學感受判斷餌料位置，其攝食反應對氣味濃度梯度具一定敏感度（Siikavuopio & James, 2011；Unuma *et al.*, 2015）。在較深水層條件下，上層個體距離底部沉性飼料較遠，氣味訊號傳遞減弱而反應延遲，進而造成攝食不均與能量利用效率下

降。此推論與 Bernstein *et al.* (1983) 以及 Kintzing & Butler (2014) 的觀察結果一致，兩者皆指出海膽的攝食與聚集行為會隨環境條件與化學刺激而調整，顯示水深與流體結構對其行為表現具有實質影響。

水體穩定性與流場均勻性亦是關鍵環境因子。Hammer *et al.* (2006) 指出，雜色海膽在流水式養殖下若流場分布不均，易形成局部低流速區 (dead zones)，造成溶氧下降與殘餌堆積，進而降低攝食活性。Siikavuopio *et al.* (2007) 與 James *et al.* (2015) 亦發現，高密度或水流不均可能使底層區域出現溶氧梯度，導致生理壓力增加及生長停滯。此現象與陸上系統中觀察到的結果一致，當水體交換不足時，海膽會呈現活動減緩、腺體色澤變淡等現象 (James *et al.*, 2006)。

綜合前人研究與本研究現場觀察，白棘三列海膽可於淺水環境中順利養殖，但其成長與攝食表現仍依賴適當的網籃高度與水體循環條件。建議籃具有效水深控制在 15~30 cm，並確保穩定的水流與充足溶氧，以促進餌料均勻分布與穩定攝食行為，同時兼顧操作效率與生產效益。若進一步能量測不同水深下的流速與垂直溶氧變化，將有助於建立更精確的水層設計依據，作為未來養殖場水深配置之參考 (Andrew *et al.*, 2002；De Vos *et al.*, 2024)。

人工飼料育肥效益之比較與驗證

本研究以雙因子變異數分析 (Two-way ANOVA) 評估餵食方式 (商業飼料與天然餌料) 及餵食時間 (週數) 對白棘三列海膽 GSI 的影響。結果顯示，餵食方式 ($p = 0.001$) 與餵食週數 ($p = 0.039$) 兩項主效應皆達顯著水準，飼料組整體的生殖腺發育程度高於餌料組，且 GSI 會隨餵食時間延長而顯著上升，兩主效應之間無交互作用 ($p = 0.072$)，代表與天然餌料對 GSI 的影響模式在試驗過程中不會因餵食

週期推進而發生根本性改變，同時也顯示在實驗過程中可能存在餵食方式以外的影響因素。

飼料組的生殖腺指數整體高於餌料組，顯示人工配製的商業飼料能有效促進本種的生殖腺肥大，該結果和過去針對本種及其他食用海膽的研究成果相近。Kennedy & Robinson (2005) 使用飼料與藻類進行綠海膽的餵食試驗指出，當投餵之人工飼料具有適當的蛋白質與碳水化合物比例時，可顯著提升生殖腺重量與品質，說明穩定且充足的營養供給是生殖腺肥大的主要關鍵因子。朱 (2023) 針對白棘三列海膽的人工飼料試驗亦指出，成膽階段的合適蛋白質含量約為 25%，並建議在配方中適度添加卵磷脂以促進能量利用效率。本研究使用的商業飼料即依循相同配方原則製作，具較高能量密度與均勻顆粒構型，使海膽能穩定攝取所需營養並維持生殖腺持續發育。

相對而言，以大型海藻作為餌料，其營養價值可能因種類、藻體成熟度及個體攝食效率差異而呈現變動。Shpigel *et al.* (2005) 以地中海紫海膽 (*Paracentrotus lividus*) 為研究對象，比較天然藻類與人工飼料在不同光週期下對生殖腺發育的影響，結果顯示，以飼料飼養之個體，生殖腺重量與發育速率皆高於餌料組，作者認為主要原因在於天然藻類可利用能量密度較低、消化率有限。本研究的餌料組亦有類似現象，第 3 週時 GSI 出現暫時下降，推測與餌料營養供應變動，或個體在攝食藻類時的攝食效率差異有關，例如部分海膽進食速度或位置不同，導致能量攝取不均；相對地，飼料組的 GSI 則維持穩定上升，顯示人工飼料不僅在能量供應穩定性具有明顯優勢還能提供較高的攝食穩定性，即海膽在整個育肥期間能持續進食並獲得均勻的營養攝取，減少個體間差異。

綜合結果分析可知，人工飼料能顯著促進白棘三列海膽生殖腺育

肥，其成效不僅體現在 GSI 的提升，也反映在發育過程的穩定性。由於本試驗所使用的海膽個體平均殼徑分別為 51.60 ± 4.43 mm (飼料組) 與 50.32 ± 5.40 mm (餌料組)，皆屬於剛達成膽階段的族群，因此可排除因生長期差異造成的干擾，然而，試驗期間 GSI 的變動仍呈現一定幅度，顯示除了餵食方式之外，尚存在其他生理或個體層面的影響因素，這些差異可能與海膽族群內部的生殖週期不同步、性別比例偏差或能量分配策略有關。有研究顯示，即使在相同環境條件與營養供應下，不同性別與發育階段的海膽生殖腺肥大速率仍具顯著差異 (Walker, Lesser, & Unuma, 2013)。本研究觀察到的 GSI 波動現象，可能正是生殖生理上的自然變異。

綜上所述，人工飼料在能量密度、營養穩定性與操作便利性方面具明顯優勢。建議業者於育肥作業初期 (約 1 週內)，交替投餵飼料與藻類，並逐步降低藻類飼食量，以維持海膽攝食反應並促進飼料接受度，待轉料穩定後，全面改以人工飼料餵養，確保育肥期間能量攝取穩定並提升生殖腺增肥效率。

飼料中不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺稚螺成長及體組成之影響

本實驗以 Chu *et al.* (2018) 使用魚粉作為飼料蛋白質來源，確認水晶鳳凰螺 (*L. canarium*) 稚螺對蛋白質需求的實驗為基礎，將魚粉來源組作為實驗對照組，比較飼料中不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺稚螺成長及體組成之影響。實驗結果顯示，除了 SQM 和 SCM 兩種以海洋動物性蛋白質為來源的組別之外，使用昆蟲蛋白 (BSFL) 和植物性蛋白 (SBM、PM) 作為蛋白質來源時，增重率有下降的趨勢，SGR 和殼徑增長率更顯著變差。

Britz (1996)分別以酪蛋白、魚粉、大豆粕、螺旋藻粉 (*Spirulina*

spp.)和圓酵母粉 (*Torula yeast*) 作為飼料蛋白質來源，投餵平均初重 1.76 g 南非鮑魚 (*H. midae*)，發現魚粉組的 SGR ($0.9 \pm 0.1\%$ / day) 與螺旋藻粉組 ($0.8 \pm 0.1\%$ / day) 無顯著差異之外，顯著高於其它飼料組；Bautista-Teruel *et al.* (2003) 以不同比例混合魚粉、蝦粉、脫脂豆粉 (Defatted soybean meal)與螺旋藻粉 (*Spirulina sp.*)，探討動物性與植物性蛋白質來源對平均初重 0.69 g 驢耳鮑魚 (*H. asinina*)的影響，發現當飼料組別僅有植物性蛋白質來源 (脫脂豆粉和螺旋藻粉)時，增重率與 SGR 顯著低於混合動植物性蛋白質來源的組別，上述結果與本實驗結果相似，顯示當飼料僅使用植物性蛋白質來源時，生物成長表現會比攝食魚粉組來的差。

然而，Uki *et al.* (1985)使用酪蛋白、白魚粉、大豆粉、玉米蛋白粉、黑麥草葉濃縮蛋白 (rye grass)、蛋白 (酒精加熱變性)、全蛋 (酒精加熱變性)作為蛋白質來源投餵平均重量 5 g 的皺紋盤鮑 (*H. discus hannai*)，發現大豆粉組成長表現高過魚粉組；Cho (2010)使用大豆粉、家禽粉、玉米蛋白粉、乾燥蠶蛹粉和肉骨粉，以不同比例 (單獨使用或混合使用)取代飼料中的魚粉，投餵平均重量 10 g 的皺紋盤鮑，發現單獨使用大豆粉作為蛋白質來源，其增重率和殼徑增長率跟魚粉組無顯著差異，並且使用大豆粉混合玉米蛋白粉，其成長表現顯著高於魚粉組，上述結果與本實驗結果不相符。

推測 Uki *et al.* (1985b) 使用的大豆粉為脫脂豆粉，需要額外添加 5%的油脂 (豆油：鱈魚肝油 = w/w, 3：2)以平衡飼料中脂質含量，而白魚粉組只有額外添加 1%油脂，可能額外的油脂來源能幫助皺紋盤鮑成長；Cho (2010) 雖以不同蛋白質來源替代魚粉，但飼料配方中亦有額外添加離胺酸和甲硫胺酸，推測可能因此補足替代蛋白來源所缺乏的胺基酸。

在養殖魚類對蛋白質的需求中，能夠透過檢測魚體組織中胺基酸的組成，更精確了解該養殖物種對營養的需求 (Wilson and Cowey, 1985 ; Santiago and Lovell, 1988 ; Namulawa *et al.*, 2012)，而魚體內的必需胺基酸圖譜通常被認為是該魚種所需求的胺基酸指標 (Saavedra *et al.*, 1978)。本實驗飼料和水晶鳳凰螺稚螺肌肉組織中的必需胺基酸含量顯示了彼此的關係，FM 的離胺酸 (3.69 %) 與水晶鳳凰螺稚螺肌肉中含量 (3.70 %) 相符之外，其他組別則相差較遠 (2.55~2.96 %)；而在蘇胺酸方面，雖然其他各組的含量 (1.62~1.78 %) 幾乎和肌肉中的含量 (2.01 %) 類似，但是仍以魚粉 (1.93 %) 最為接近。

胺基酸能夠作為合成蛋白質的原料，也參與各種代謝反應，其中必需胺基酸定義為生物體不能自行合成，或能自行合成，但合成量不足以供應其所需，只能透過攝食滿足需求 (Li *et al.*, 2009)，若生物體缺乏必需胺基酸，則會影響體內蛋白質合成，導致成長表現下降 (Oliva-Teles, 2012)。然而，植物性蛋白質來源通常缺乏甲硫胺酸與離胺酸等必需胺基酸 (Daniel, 2018)。

Bautista-Teruel *et al.* (2003)實驗結果顯示，僅含有植物性蛋白來源的飼料組，其甲硫胺酸含量為 2.97 %，低於其他混和動植物性蛋白來源的組別 (4.32~4.42 %)，並且提到與皺紋盤鮑肌肉組織中的甲硫胺酸 (4.09 %) 含量相比較低，認為這是導致該組成長表現較差的原因之一。本實驗結果顯示，FM 組的離胺酸含量 (3.69 %) 比其他實驗組高 (2.55~2.96 %)，而且也是所有飼料組中離胺酸含量最接近水晶鳳凰螺肌肉組織中離胺酸含量 (3.70 %) 的組別，另外，FM 組的肌體比 (MSI) 顯著高於所有飼料實驗組與初始組，推測 FM 組所提供的必需胺基酸更符合水晶鳳凰螺稚螺對必需胺基酸的需求，在滿足所有生理機能 (代謝能、動能、消化能等) 的前提下，能製造更多的肌肉

量。然而，本實驗中 SQM 與 SCM 組沒有符合胺基酸雷達圖，並且從 MSI 也能看出其肌肉含量沒有增加，但其成長表現卻高於魚粉組，推測除了胺基酸之外，可能有其他因素影響水晶鳳凰螺稚螺的成長表現。

海洋腹足動物成長表現的差異可能是由飼料中蛋白質品質（必需胺基酸組成）和其他營養成分所造成的影響，例如脂質、澱粉、礦物質和維生素。

另外，本實驗中的 SBM 組和 BSFL 組的成長表現雖然沒有顯著差異，但是從 BSFL 組的增重率 (43.78 %)、SGR (0.63 % / day) 和殼增長率 (13.46 %) 均比 SBM 組高 (增重率 35.11 %; SGR 0.53 % / day; 殼增長率 (10.78 %))，推測兩種可能原因，一是大豆粉中含有植酸，植酸會螯合礦物質，造成物種缺乏微量元素，而本實驗物種水晶鳳凰螺可能需要比一般水生生物更多的礦物質，作為合成殼的原料；另一是抗營養因子，例如: β -伴大豆球蛋白 (β -conglycinin) 是一種潛在的致敏蛋白 (Wang *et al.*, 2014)，對於幼年物種的成長表現和腸道形態有負面影響。

底質條件對水晶鳳凰螺稚螺成長表現之影響與裸缸設計合理性探討

為驗證「水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究」中採裸缸飼養設計的合理性，本研究另行比較裸缸與鋪設沙質底兩種條件下的成長表現。結果顯示，具底質組個體的殼長，成長上顯著優於裸缸組，體重同呈上升趨勢但未達顯著差異。此結果說明，底質環境可促進殼體成長與能量利用，但整體生長趨勢一致，裸缸試驗所得數據仍具代表性與可比性。

在養殖應用上，鋪設底質可為本種提供挖掘與隱蔽空間，使其覓食行為更趨近自然，並提升能量利用效率。試驗結果顯示，鋪設沙質

底的組別在成長與攝食表現上皆優於裸缸組，底質的存在對成長效益具顯著影響（Chang *et al.*, 2021）。田野研究亦指出，本種偏好在以 *Halophila* 屬海草為主、底質顆粒較細且含有機碎屑的海草床中棲息，主要取食底質表層的有機碎屑及海草葉片上的附生生物，顯示底質條件與攝食效率密切相關（Cob *et al.*, 2012）。

綜合而言，底質的存在確實能促進水晶鳳凰螺的成長，但並未改變整體生長趨勢與活存率。這表示裸缸飼養雖與自然棲地條件不同，仍可作為可靠且具可比性的試驗設計，用以評估飼料或環境因子的效益，而底質環境則反映本種在自然條件下可達到的成長潛能，進一步驗證主試驗中採裸缸設定的合理性。

伍、 結論

一、 白棘三列海膽養殖管理輔導

- ◆ 養殖密度過高會降低生長速度並造成攝食不均。
- ◆ 淺水籃具可提升餌料可及性並促進均勻攝食。
- ◆ 養殖損耗多源於錯誤投餵量與殘餌滯留，而非外部環境變化。
- ◆ 缺乏養殖紀錄使投餵決策多憑經驗，未依實際攝食情況調整。
- ◆ 長期殘餌堆積會導致水質惡化。
- ◆ 適當控制投餵量為維持水質與成長表現的關鍵。
- ◆ 穩定水流與充足溶氧可減少底層低氧與殘餌堆積。
- ◆ 經輔導後，業者管理行為改善，整體生長率與存活率提升。

二、 客製化海膽飼料生產及試驗

- ◆ 飼料組 GSI 表現顯著高於藻類組。
- ◆ 餵食藻類亦能使生殖腺育肥，但效率低下且個體差異大。
- ◆ 海膽以當前飼料育肥，生殖腺呈色較穩定，而餵食藻類色澤易變化。

三、 不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究

- ◆ 單獨使用干貝內臟粉作為飼料中蛋白質來源，水晶鳳凰螺稚螺成長表現最佳。
- ◆ 以魚粉作為飼料中蛋白質來源，水晶鳳凰螺稚螺有最高的肌體比含量。
- ◆ 黑水虻幼蟲粉與大豆粉做為飼料蛋白質來源，對水晶鳳凰螺稚螺的各項成長表現相近。

四、 附加研究—於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺 育成率

- ◆ 底質組殼長成長顯著優於裸缸組。
- ◆ 底質主要影響殼徑成長，對體重影響不明顯。
- ◆ 兩組活存率皆為 100%，底質條件不直接影響活存率。
- ◆ 裸缸設計所得數據具代表性，可作為後續飼料試驗模式。
- ◆ 底質可提升能量利用與覓食效率，適用於實務養殖。

陸、 建議

一、 白棘三列海膽養殖管理輔導

- ◆ 日餵食量控制在 5 %TD/day，並分 2~3 次餵食以方便視殘餌率調整飼食量。
- ◆ 覆蓋率控制在 20~40 % 範圍內，若超過 50 %應即時分養，防止局部擁擠形成的底部沉積物累積。
- ◆ 籃具有效水深控制在 15~30 cm，並確保穩定的水流與充足溶氧，以促進餌料均勻分布與穩定攝食行為。
- ◆ 結合本計畫現場輔導觀察與現有文獻，初步提出「白棘三列海膽不同體型之養殖密度與日餵食量參考」，呈現於附錄 2。
- ◆ 海膽的殘食率受體型、密度、餵食量及飼/餌料來源等諸多因素影響，已有研究成果皆表明體型越小、殘食率越高，故對應各體型之最適養殖密度，仍須經由嚴謹的實驗得出。
- ◆ 此次計畫提供予業者之管理方法與餵食策略，有效改善白棘三列海膽育肥成效及存活率，惟本案時程較短，不足以讓我方完全參與養殖戶對本種的完整養殖期程，故難以提供育成率、成本效益等後續評估結果，建議持續進行輔導 1~3 年並逐步擴大規模，應有利於推廣其養殖產業。

二、 客製化海膽飼料生產及試驗

- ◆ 建議業者於育肥作業初期 (約 1 週內)，交替投餵飼料與藻類，並逐步降低藻類飼食量，以維持海膽攝食反應並促進飼料接受度。
- ◆ 海膽以飼料育肥 4 週後，GSI 較餵食藻類個體高出 1.5 倍以上，建議轉料穩定後，全面改以人工飼料餵養，確保育肥期

間能量攝取穩定並提升生殖腺增肥效率。

三、不同蛋白質來源對水晶鳳凰螺成長之影響研究

- ◆ 鑒於大豆粉已廣泛應用於畜、水產飼料中，取代部分動物性蛋白質來源，且對養殖物種的成長表現無顯著負面影響，對擁有相近成長效益的黑水虻幼蟲粉，建議可探討其部分取代魚粉之可行性。

四、附加研究一於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率

- ◆ 養殖試驗須以裸缸進行，所得數據才可靠且具可比性。
- ◆ 養殖實務上建議在鋪設符合其習性底質的環境中飼養，能有較優異的殼徑成長表現。

五、其它

- ◆ 牡蠣在澎湖縣的漁業經濟與觀光產業上具有舉足輕重之地位，係當地重要的經濟水產之一，然而其養殖產業近年因高水溫與極端氣候等環境變化因素，以及扁蟲 (*Stylochus*)、蚵岩螺 (*Thais clavigera*) 危害之影響，使空殼率大增、養成速度大不如前，對養殖業者造成嚴重的經濟損失，建議立案輔導業者改變舊有的養殖模式，嘗試從天然環境養殖改為人工環境養殖，降低因上述危害造成之損耗。

柒、參考文獻

- 中華民國農業部漁業署 (2023)。2012–2023 年漁業統計年報—水產品貿易統計相關報表。檢自：<https://www.fa.gov.tw/index.php> (Apr 25, 2023)
- 朱建宏 (主持人)。(2023)。白棘三列海膽人工飼料研究委託案 成果報告書 (案號 AF-112-06)。國立嘉義大學水生生物科學系；澎湖縣政府農漁局。
- 海洋保育署—綜合規劃組 (2022)。臺灣百種海洋動物圖鑑 II—水晶鳳凰螺。
- Amaya, E., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2007). Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 262(2–4), 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001>
- Andrew, N. L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A. G., Creaser, E. P., Barnes, D. K. A., Botsford, L. W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J. D., Einarsson, S., Gerring, P. K., Hebert, K., Hunter, M., Hur, S. B., Johnson, C. R., Juinio-Meñez, M. A., Kalvass, P., Miller, R. J., ... Xiaoqi, Z. (2002). *Status and management of world sea urchin fisheries. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 40, 343–425.
- Bautista-Teruel, M. N., Fermin, A. C., & Koshio, S. S. (2003). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: Animal and plant protein sources. *Aquaculture*, 219(1–4), 645–653.
- Bautista-Teruel, M. N., Koshio, S. S., & Ishikawa, M. (2011). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina* Linne: Lipid and essential fatty acid levels. *Aquaculture*, 312, 172–179.
- Berg, C. J. (1976). Growth of the queen conch *Strombus gigas*, with a

- discussion of the practicality of its mariculture. *Marine Biology*, 34, 191–199. <https://doi.org/10.1007/BF00388795>
- Bernstein, B. B., Schroeter, S. C., & Mann, K. H. (1983). Sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) aggregating behavior investigated by a subtidal multifactorial experiment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40(12), 1975–1986.
- Brito-Manzano, N., & Aldana-Aranda, D. (2013). Effect of photoperiod and feeding schedule on growth and survival of larvae of the fighting conch *Strombus pugilis* Linné, 1758 (Mollusca, Gastropoda). *Aquaculture*, 408–409, 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.04.006>
- Brito-Manzano, N., Aldana-Aranda, D., Brulé, T., & Baqueiro Cardenas, E. (2000). Effects of feeding period on development, growth, and survival of larvae of the fighting conch *Strombus pugilis* Linné, 1758 (Mollusca, Gastropoda) in the laboratory. *Marine Science*, 67(3), 903–910.
- Britz, P. J. (1996). The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture*, 140, 63–73.
- Carbonera, F., Fagundes, M. B., Moura, R. S. T., Almeida, V. V., Silva, M. F. O., & Furuya, W. M. (2014). Effect of dietary replacement of sunflower oil with perilla oil on the absolute fatty acid composition in Nile tilapia (GIFT). *Food Chemistry*, 148, 230–234. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.038>
- Chang, Y.-C., Ma, C.-H., Lee, H.-T., & Hsu, T.-H. (2021). Polyculture of juvenile dog conch *Laevistrombus canarium* reveals high potentiality in integrated multitrophic aquaculture (IMTA). *Biology*, 10, 812. <https://doi.org/10.3390/biology10080812>
- Cho, S. H. (2010). Effect of fishmeal substitution with various animal

- and/or plant protein sources in the diet of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquaculture Research*, 41, e587–e593.
- Chu, J. H., Lan, Y. W., & Sheen, S. S. (2018). The protein requirement for the juvenile dog conch, *Laevistrombus canarium*, in a recirculating aquaculture system. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 45(4), 261–269. [https://doi.org/10.29822/JFST.201812_45\(4\).0007](https://doi.org/10.29822/JFST.201812_45(4).0007)
- Cob, Z. C., Arshad, A. B., Idris, M. H., Bujang, J. S., & Mazlan, A. G. (2008). Sexual polymorphism in a population of *Strombus canarium* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) at Merambong Shoal, Malaysia. *Zoological Studies*, 47(3).
- Cob, Z. C., Arshad, A., Bujang, J. S., Bakar, Y., Simon, K. D., & Mazlan, A. G. (2012). Habitat preference and usage of *Strombus canarium* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda: Strombidae) in Malaysian seagrass beds. *Italian Journal of Zoology*.
- Cob, Z. C., Arshad, A., Bujang, J. S., Mazlan, A. G., & Ghaffar, M. A. (2010). Metamorphosis induction of the dog conch *Strombus canarium* (Gastropoda: Strombidae) using cues associated with conch nursery habitat. *Journal of Applied Sciences*, 10(8), 628–635. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.628.635>
- Cob, Z. C., Arshad, A., Ghaffar, M. A., Bujang, J. S., & Muda, W. L. W. (2009). Development and growth of larvae of the dog conch, *Strombus canarium* (Mollusca: Gastropoda), in the laboratory. *Zoological Studies*, 48(1), 1–11.
- Cook, E. J., & Kelly, M. S. (2007). Effect of variation in the protein value of the red macroalga *Palmaria palmata* on the feeding, growth and gonad composition of the sea urchins *Psammechinus miliaris* and *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). *Aquaculture*, 270(1–4), 207–217.
- Daniel, N. (2018). A review on replacing fish meal in aqua feeds using

- plant protein sources. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 164–179.
- De Vos, L., James, P., Siikavuopio, S. I., & Mortensen, A. (2024). Effect of basket height and stocking density on production of the sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Aquaculture International*, 32(10), 4991–5016.
- Eduardo, G. S., & Dalila, A. A. (1994). Effect of algal food and feeding schedule on larval growth and survival rates of the queen conch, *Strombus gigas* (Mollusca, Gastropoda), in Mexico. *Aquaculture*, 128, 261–268. 10.1016/0044-8486(94)90315-8
- FAO. (2022). *GLOBEFISH highlights—International markets on fisheries and aquaculture products*. Quarterly update. 1st issue 2022, with Jan.–Sep. 2021 Statistics—Globefish Highlights No. 1-2022. Rome.
- Gago, J., & Luís, O. J. (2010). Effects of stocking density on growth and survival of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) reared under recirculating conditions. *Aquaculture Research*, 41(10), e809–e816.
- Guo, Y.-H., Ma, J.-K., Xu, H.-Z., Li, W.-L., Liu, C.-J., Lu, H., Li, H., Zhai, X.-L., Xue, Y., & Luo, L. (2023). Effects of different dietary lipid sources (perilla, fish, and soybean oils) on growth, lipid metabolism, antioxidant, and immune status in Chinese giant salamander (*Andrias davidianus*). *Frontiers in Marine Science*, 10, 1139651. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1139651>
- Hammer, H., Watts, S. A., Lawrence, A. L., Lawrence, J. M., & Desmond, R. (2006). The effect of dietary protein on consumption, survival, growth and production of the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Aquaculture*, 254(1–4), 483–495.
- Heflin, L. E., Gibbs, V. K., Powell, M. K., Makowsky, R., Lawrence, J. M., Lawrence, A. L., & Watts, S. A. (2012). Effect of dietary protein and carbohydrate levels on weight gain and gonad production in the sea

- urchin *Lytechinus variegatus*. *Aquaculture*, 358–359, 253–261.
- James, P. J., Kelly, M. S., Siikavuopio, S. I., & Strand, Ø. (2006). Effects of stocking density and depth on survival and gonad yield of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in suspended culture. *Aquaculture*, 253(1–4), 290–300.
- James, P. J., Siikavuopio, S. I., & Reguera, T. W. (2017). Measuring density effects on growth and survival of two size classes of juvenile sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) held in sea-based holding systems and impacts on holding system design and management. *Aquaculture Research*, 48(11), 5541 – 5549. <https://doi.org/10.1111/are.13375>
- James, P., Siikavuopio, S. I., & Mortensen, A. (2015). Sea urchin aquaculture in Norway. In H. J. S. Fernandes (Ed.), *Echinoderm aquaculture* (pp. 173–199). Wiley-Blackwell.
- Kennedy, E. J., & Robinson, S. M. C. (2005). Effect of protein source and concentration on somatic growth of juvenile green sea urchins *Strongylocentrotus droebachiensis*. *North American Journal of Aquaculture*, 36(3). <https://doi.org/10.1111/j.17497345.2005.tb-00336.x>
- Kennedy, E. J., & Robinson, S. M. C. (2007). Effect of lipid source and concentration on somatic growth of juvenile green sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(3), 335–352. DOI:10.1111/j.1749-7345.2007.00107.x
- Kintzing, M. D., & Butler, M. J. IV. (2014). The influence of shelter, conspecifics, and threat of predation on the behavior of the long-spined sea urchin (*Diadema antillarum*). *Journal of Shellfish Research*, 33(3), 781–785.
- Lee, J.-H., Park, K.-H., Lee, M.-H., Kim, H.-T., Seo, W.-D., Kim, J.-Y., Lee, S.-C., Kim, I.-J., & Ha, T.-J. (2013). Identification,

- characterisation, and quantification of phenolic compounds in the antioxidant activity-containing fraction from the seeds of Korean perilla (*Perilla frutescens*) cultivars. *Food Chemistry*, 136, 843–852. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.057>
- Lee, S. M. (2004). Utilization of dietary protein, lipid, and carbohydrate by abalone *Haliotis discus hannai*: A review. *Journal of Shellfish Research*, 23(4).
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37, 43–53.
- Ling, E. N., & Cotter, D. (2003). Statistical power in comparative aquaculture studies. *Aquaculture*, 224(1–4), 159–168.
- Mai, K., Mercer, J. P., & Donlon, J. (1996). Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. V. The role of polyunsaturated fatty acids of macroalgae in abalone nutrition. *Aquaculture*, 139, 77–89.
- Manzano, N. B., Aranda, D. A., & Brulé, T. (1998). Effects of photoperiod on development, growth and survival of larvae of the fighting conch *Strombus pugilis* in the laboratory. *Aquaculture*, 167, 27–34. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00303-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00303-2)
- Meng, L., Lozano, Y. F., Gaydou, E. M., & Li, B. (2009). Antioxidant activities of polyphenols extracted from *Perilla frutescens* varieties. *Molecules*, 14(1), 133–140. <https://doi.org/10.3390/molecules14010133>
- Muzahar, A. Z., & Hakim, A. A. (2018). Spawning and development of dog conch *Strombus* sp. larvae in the laboratory. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 209–216. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.18607>
- Namulawa, V. T., Rutaisire, J., & Britz, P. J. (2012). Whole body and egg

- amino acid composition of Nile perch, *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758) and prediction of its dietary essential amino acid requirements. *African Journal of Biotechnology*, 11, 16615–16624.
- Nandakumar, S., Ambasankar, K., Dayal, J. S., Raman, C., & Ali, S. R. (2013). Fish meal replacement with chicken waste meal in Asian seabass (*Lates calcarifer*) feeds. *Indian Journal of Fisheries*, 60, 109–114.
- Oliva-Teles, A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83–108.
- Onomu, A. J., Vine, N. G., Cyrus, M. D., Macey, B. M., & Bolton, J. J. (2020). The effect of fresh seaweed and a formulated diet supplemented with seaweed on the growth and gonad quality of the collector sea urchin, *Tripneustes gratilla*, under farm conditions. *Aquaculture Research*, 51(7), 4087–4102.
- Radjab, A. W. (2004). The population dynamics and distribution of *Tripneustes gratilla* in the coastal waters of South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Coastal Development*, 8(2), 81–88.
- Rocha, F., Baião, L. F., Moutinho, S., Reis, B., Oliveira, A., Arenas, F., & Valente, L. M. P. (2019). The effect of sex, season and gametogenic cycle on gonad yield, biochemical composition and quality traits of *Paracentrotus lividus* along the North Atlantic coast of Portugal. *Scientific Reports*, 9, 2994. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39912-w>
- Saavedra, M., Conceicao, L. E. C., Pousao, P., & Dinis, M. T. (2006). Amino acid profiles of *Diplodus sargus* (L., 1758) larvae: Implications for feed formulation. *Aquaculture*, 261, 587–593.
- Santiago, C. B., & Lovell, R. T. (1988). Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *The Journal of Nutrition*, 118(12), 1540–1546.
- Sargent, J. R., McEvoy, L. A., & Bell, J. G. (1997). Requirements,

- presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155(1–4), 117–127.
- Sargent, J. R., McEvoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J., & Tocher, D. (1999). Lipid nutrition of marine fish during early development: Current status and future directions. *Aquaculture*, 179(1–4), 217–229.
- Shpigel, M., McBride, S. C., Marciano, S., Ron, S., & Ben-Amotz, A. (2005). Improving gonad colour and somatic index in the European sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture*, 245(1–4), 101–109.
- Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K. M., Subramanian, S., Ekesi, S., Huis, A. v., & Borgemeister, C. (2019). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific Reports*, 9, 10110. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46603-z>
- Siikavuopio, S. I., & James, P. (2011). Effects of stocking density on growth and survival in juvenile *Strongylocentrotus droebachiensis* during a 380-day trial. *Aquaculture*, 311(1–4), 106–111.
- Siikavuopio, S. I., & James, P. (2011). The effect of temperature on food consumption and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture Research*, 42(2), 196–204.
- Siikavuopio, S. I., Christiansen, J. S., & Dale, T. (2006). Effects of temperature and season on gonad growth and feed intake in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 255(1–4), 389–394.
- Siikavuopio, S. I., Christiansen, J. S., & Dale, T. (2007). Effects of stocking density on feed intake, growth, and oxygen consumption in the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 262(1), 78–85.
- Siikavuopio, S. I., Christiansen, J. S., & Krogdahl, Å. (2007). Effects of

- density and size on growth and survival of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 273(2–3), 271–280.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., Meulenaer, B. D., Michiels, J., Eeckhout, M., Clercq, P. D., & Smet, S. D. (2016). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594–2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 41, 717–732.
- Turchini, G. M., & Hardy, R. W. (2024). Research in aquaculture nutrition: What makes an experimental feeding trial successful? *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. <https://doi.org/10.1080/2330-8249.2024.2413672>
- Ueda, H., Yamazaki, C., & Yamazaki, M. (2002). Luteolin as an anti-inflammatory and anti-allergic constituent of *Perilla frutescens*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(9), 1197–1202. <https://doi.org/10.1248/bpb.25.1197>
- Uki, N., Kemuyama, A., & Watanabe, T. (1985). Nutritional evaluation of several protein sources in diets for abalone *Haliotis discus hannai*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 51, 1835–1839.
- Unuma, T., Yamamoto, T., Akiyama, T., & Furuita, H. (2015). Energy allocation and gonad development in sea urchins. In J. M. Lawrence (Ed.), *Echinoderm aquaculture* (pp. 129–144). Wiley-Blackwell.
- Vanderzwalmen, M., Poncin, P., Korban, M., Vandewalle, P., & Kestemont, P. (2022). The effect of substrate on water quality in ornamental fish aquaria. *Animals*, 12(20), 2765. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36230419/>

- Walker, C. W., Lesser, M. P., & Unuma, T. (2013). Sea urchin gametogenesis—Structural, functional and molecular/genomic biology. In J. M. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (3rd ed., pp. 25–43). Elsevier Academic Press.
- Wang, T., Qin, G., Sun, Z., & Zhao, Y. (2014). Advances of research on glycinin and β -conglycinin: A review of two major soybean allergenic proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 850–862.
- Warren-Myers, F., Fielder, S., & James, P. (2020). European sea urchin somatic and gonadal responses to differing stocking densities and seawater flow rates: A case study for experimental design considerations. *Aquaculture Research*, 51(6), 2481–2493.
- Wilson, R. P., & Cowey, C. B. (1985). Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and Atlantic salmon. *Aquaculture*, 48, 373–376.
- Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X., Xue, M., Niu, C., Guo, L., & Yu, Y. (2011). Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), results in performance equal to fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition*, 17, e389–e395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00773.x>

捌、服務建議書審查委員之建議與問題回覆

委員建議與提問	問題回覆
蔡委員萬生	
1. 本案客製化飼料部分為無償供應？建議應向受輔導戶提出具體試驗資料需求（如養殖紀錄等）及義務事項。	參考委員建議，已設計「養殖戶日常餵食、管理記錄表」並於內文附上。
2. 水晶鳳凰螺蛋白質試驗部分係以裸缸養殖，惟其養殖環境應與鳳螺相似，飼養時間底質有無可能會影響存活率或外觀品相，建議可架設數缸具底質者比較差異。	飼料餵食試驗的環境選用裸缸，而非符合本種生態環境的沙泥底，係為減少實驗變因，底質的存在將使殘餌與糞便無法完全抽除，並成為殘留的沉積物，影響攝食與成長表現。參考委員建議本計畫已將「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」作為創意加值項目，且在內文中加入研究方法敘述，惟沙泥因粒徑與質量太小，依本研究室設備類型，在底質和水質維護管理上有諸多難點，故採用粒徑小於 2.5 mm 的矽沙。
3. 目前水晶鳳凰螺飼料實驗，主要蛋白質來源仍為動物性，單價較高，後	本團隊對於最適飼料配方之定義，除成本外，亦將攝食率及飼料轉換率等因素納入考量，且本

續如要投入商業使用，在研究上要注意成本問題。	次使用之蛋白質來源皆為業界較常見且易取得原料，
許委員文東	
4. P3. 文字「水晶鳳凰螺稱狗螺」，澎湖當地沒聽過此稱呼，請補充資料來源。	狗螺係來自英文俗名「Dog conch」之直譯，內文已更改為本國常用之「嬌丫螺」。
5. P18. 表 2「工作進度甘特圖」工作進度自 114 年 5 月開始分配，惟現在已進入 6 月，請修正工作期程。	已更改。
6. 創新增值項目未有特別列出，請說明本案可提供之增值項目。	參考委員建議本計畫已將「於具底質環境飼育是否影響水晶鳳凰螺育成率」作為創意增值項目，且在內文中加入研究方法敘述。
林委員育鴻	
7. 針對海膽飼料養殖輔導部分，建議可針對試驗需求設計制式表單提供輔導戶填報，有助於資料回收及後續追蹤。	參考委員建議，已設計「養殖戶日常餵食、管理記錄表」並於內文附上。
8. 水晶鳳凰螺飼料配方部分，所使用之大豆粉為	本實驗採用脫脂大豆粉。本種飼料配方研究現已具備蛋白質含

全脂或是脫脂？目前飼料配方距離商用配方甚遠，如何調整？	量、脂質含量及碳水化合物來源之成果，本計畫結束後將得知合適的蛋白質來源，若有機會，擬進行脂質來源、最適蛋白質能量比等研究，完成以上項目後，可供飼料商作為配方設計參考依據，並初步投入現場試驗，再根據使用者回饋進行改良，改良方向包含但不限於礦物質含量與種類、維生素含量與種類、其它的替代性原料，以及有助於成長、活存、風味改良的複方添加等等。
9. 水產飼料使用，會關注飼育後水產品之外觀、風味等，建議增加對海膽生殖腺色澤或風味的評估。	參考委員建議，增設生殖腺色澤評估，比較攝食飼料與否的呈色差異。
柯副召集人志鴻	
10. 有關契約標的應提供 3 戶以上業者海膽養殖管理輔導，依澎湖縣水產種苗繁殖場輔導現況，目前接受輔導實際使用海膽飼料者有 2 戶，如廠商確認承接本	依履約標的我方輔導對象至少為 3 戶，將與本案委託單位共同討論以尋求合作輔導戶。

案雙方將共同討論以尋求合作輔導戶。	
11. 請問客製化飼料會由實驗室製作或是飼料廠製作？另契約標的提供飼料總量須達3公噸，如廠商於計畫執行期間累計使用量未達標準，差額請提供予種苗繁殖場留存。	本研究室飼料皆使用試藥級原料，並以人力操縱之小型機台製作，產能極小且成本高昂，不適用於現場養殖，爰客製化飼料需委託飼料廠生產，並共同討論降低成本方式。計畫執行期間飼料累計使用量若未達標準，差額可提供予種苗繁殖場留存。
陳召集人銓汶	
12. 海膽飼料成膽及稚膽成本各為多少（元/公斤）？	各輔導戶的客製化飼料還未設計，且目前本種兩發育飼料皆無量產、流入市面，接具體成本尚不可知。
13. 客製化是指飼料配方或外型？	配方由飼料廠參考我方提供之實驗數據進行設計，提供予各輔導戶之飼料配方一致。將在飼料廠條件允許的前提下，根據各戶養殖條件對飼料外型或大小進行客製化。
14. 經費概算建議可明列各單項金額。	已明列。

玖、 期中報告書審查委員之建議與問題回覆

委員建議與提問	問題回覆
蔡委員萬生	
1. 海膽以啃食方式攝食飼料，飼料軟硬度對海膽攝食意願影響很大，惟飼料越硬越容易保存，尋求兩需求間之平衡為重要課題。	目前海膽商業飼料配方剛投入產業，工廠設備尚未取得充足的生產參數，軟硬度與保存難易的平衡，須經過多次的生產與改善來取得，本計畫依履約標的提供之飼料，係藉由調整水中安定性，加速飼料入水後的軟化時間，飼料工廠特別為本研究室提供少量試產樣本，投餵海膽後適口性佳。
2. 海膽養殖水深是否與殘餌量有關聯？建議可納入試驗研究。	國外已有研究，白棘三列海膽在養殖籃/槽相同表面積的條件下，水位越高、攝食量越低，深度以 15 cm 較佳。本研究室曾進行不同水深對海膽攝餌之測試，於 120 公分水深養殖僅有 1 成海膽攝食，用淺籃方式養殖則有 9 成。
3. 計畫內頁應提供金額、主持人等基本資訊，以利委員瞭解委託計畫相關背景資訊。另建議在報告增列「自我檢核表」，有利呈現計畫執行成效。	已附在計畫書中。
4. 履約標的等說明建議應放在	已調整。

目錄之後。	
5. 表(圖)目錄標題敘述較為模糊，主詞不明顯，建議予以調整。	已調整。
許委員文東	
6. 目錄、內文出現段落、編號錯置及錯字等情形，請予以檢視修正。	已修正。
7. p.24 望安岩川養殖場地址應在中社而非水垵，另七美建興養殖場部分，建議於地址增列平和村。	已分別向望安與七美業者確認地址並修改。
8. 本案廠商按月進行訪視，惟簡報內於未呈現 8 月份訪視結果，想請問後續輔導業者是否接受所提供建議?改善成效如何?	8 月訪視從 25 日執行到 29 日，結束後距 09 月 01 日的期中簡報，僅 2 天工作日，資料來不及彙整，故未在簡報中呈現，詳細改善狀況已統整在期末報告中。
林委員澤民	
9. 飼料性狀指標易連動改變，爰後續對飼料性狀調整規劃如何進行?	考量現有飼料有太大、過於平面、太硬等問題，本次量產並提交之飼料，結合各位受輔導業者之意見與飼料廠的生產可行性評估，將粒徑從 25 mm 縮小至 10 mm，圓錠狀改為圓柱狀、長 2~3 cm，安定性從 6 小時以上調整為 4~5

	小時，讓飼料提前軟化且保有原來形狀。
10. 有關飼養水深及飼料攝食量之關聯，是否海膽本身即有攀附並往水面移動之特性？有配合此行為改善飼料投餵之建議？	本種無論稚、成膽階段在無遮蔽物供躲藏的養殖環境，確實有向水面移動的行為，少量養殖時可將飼料投放在海膽身上，但大量養殖仍建議從養殖水深著手。
11. 業者反映飼料投餵隔日發臭之情況，係環境因素或飼料本身所導致？	內文及簡報並無業者投餵飼料後隔日發臭之敘述，現場親訪時亦無業者反映此情形，目前的第一代商業飼料在投入海水中約 48 小時後，撈出時有發臭的氣味，是綜合本研究室與業者的使用經驗得出，主因是飼料吸水後氧化、發酵，已多次向業者提出合適的餵食量，與每日清除殘餌之建議。
12. 簡報提及採樣水晶鳳凰螺軟組織及肌肉進行分析，兩者間有何差異？	軟組織是指除螺殼以外，包含肌肉與內臟團等組織，肌肉是指軟組織去除內臟團後殘留的部分。
13. 針對養殖業者不當養殖方式，廠商已給出調整建議，為部分建議或略為繁瑣，另是否有針對眾業者共用之操作模式，俾利後續輔導推廣？	目前三戶業者的養殖模式、器具皆不同，發生的不當管理事件也相異，故給予三方之建議有些許差別，但已能歸納出養殖水深、密度、餵食量及飼育網/槽清潔四個方向，將在期末報告中結合相

	對應的文獻資料，提出統一建議。
柯委員志鴻	
14. p.2 澎湖當地馬糞海膽開放捕撈期間誤植為 6~7 月，請予以修正；另 p.22 宏安養殖場誤植負責人名稱。	已修正。
15. 依去年配方所製作飼料，經業者使用後反映性腺顏色不夠黃。	顏色不夠黃應與飼料中的 Beta-胡蘿蔔素添加量有關，期末報告書將比較攝食飼料與藻類的生殖腺色澤，了解實際差異並提出改善方案。
16. 本案所提供飼料僅限成膽？稚膽是否可使用？	已修正。
17. 正式製作飼料前建議提供業者試用以獲取反饋，另飼料長短應考慮運輸期間可能產生之耗損。	海膽商業飼料尚未大量生產，無現貨，依飼料廠公司規定，測試生產時並非使用海膽飼料配方，而是石斑飼料配方，且最低產量為 4 噸，無少量生產供業者試用之前例，本研究室有取得少量測試成品，投餵予海膽後適口性佳；飼料長度係在不斷裂的前提下盡可能做長，此次量產成品的長度為 2~3 cm，不易斷裂。
陳委員銓汶	
18. 是否有考量製作半浮性飼	半浮性飼料（緩沉飼料）是藉由

料，海膽較有機會以管足抓取，且其軟硬度較軟。	控制飼料的發泡程度來實現，投入水中後會在水面漂浮一段時間，隨著吸水量增加而沉至水底，隨不同配方與粒徑，所需的發泡程度也有差異，須經過多次生產嘗試，目前海膽商業飼料並未量產，生產參數不足，難以製作。另本研究室嘗試以鱸魚 5 號料(浮性飼料) 進行適口性試驗，發現飼料浮力過大，海膽雖有被誘引，卻無法將其抓附至口部，嘗試無果後便放棄攝食，又考量到本種屬底棲生物，故此次量產飼料仍為沉性飼料。
19. 目前出現海膽養殖活存率不高之情況，請協助評估剛毛藻生長與海膽存活率之關聯。	剛毛藻係在過肥的養殖水中，經長時間強光照，與特定水溫條件下繁生，屬季節現象，造成大量死亡是水質管理缺失，與未落實養殖網/槽清潔所引起，係能夠避免的損耗，又業者在大量死亡發生時，並無實行死亡個體、死因記錄，對藻類生長狀況的描述也相當模糊，且無影像佐證，本研究室訪視時，只能按其口述做粗略記錄，若要了解對海膽存活率

	的關聯需另設實驗。
20. 有關水晶鳳凰螺飼料配方研究部分，建議除關注存活率及生長率，亦應考量成本部分。	研究成果會考量成本，提出適合用做商業化配方的蛋白質來源。

壹拾、期末報告書審查委員之建議與問題回覆

委員建議與提問	問題回覆
蔡委員萬生	
1. 對於不同體型大小之海膽，在養殖模式上有不同條件，建議可就海膽成熟前及育肥不同階段之養殖密度、大小、投餵量等整理 sop 參考表，俾利現場、宣導使用。	有關海膽養殖模式建議，目前係以現場調查資訊呈現，後續將會彙整後以 sop、表格方式等標準化方式呈現。
2. 水晶鳳凰螺目前本縣資源尚屬豐富，如後續辦理養殖推廣，相關成本分析為重要工作，建議分析該物種養殖各項成本。	對於水晶鳳凰螺飼料製造成本，將會再予整理評估。
3. 依據過往鳳螺養殖經驗，除成長成本差異，以沙質底質養殖之鳳螺外殼較乾淨，裸池則附著藻多，影響賣相及後續料理風味等，有關底質飼育對水晶鳳凰螺育成率研究是否有關查到相關情況？	研究執行期間，兩組個體之殼表皆有附著物，但未計算、比較附著面積，可列入未來研究之觀察項目，探討對成長之影響。
4. 報告內文部份，「及」做連接詞時前方之逗點建議可省略。	以修改。
許委員文東	
5. 海膽養殖業者基於過往經驗、	

成本等因素，導致廠商所提出相關改善建議無法施行，建議種苗場可參照相關建議進行養殖測試。	
6. 有關受輔導海膽養殖戶地址資訊部分，岩川養殖場為望安鄉中社村而非水垵村，另為統一格式，建議建興九孔養殖場地址增加「平和村」。	已更改。
林委員鈺鴻	
7. 對於第一批飼料投餵試驗，輔導戶反應水中穩定性不佳及出油情況，後續如何改善？	有關業者反映飼料出油問題，第一批飼料係以石斑魚飼料後噴油方式處理，後續與飼料場討論後改以混料時加油生產方式處理，後續幾乎未再發生浮油情況。
8. 建議針對以飼料養殖海膽、適合的密度、水深等條件，並建立以此模式可以得到的育成率、生殖腺比、色澤及經濟效益，以助於推廣此養殖模式，增加業者使用意願。	已在附錄二呈現。
9. 是否可以提出投餵飼料之明顯優勢？如經濟效應等量化數據。	量化數據須有每日投餵量、死亡狀況、育成時間等資料做為基礎，本輔導案養殖戶未有日常記錄之習慣，又計畫期程過短，本團隊

	無法參與到完整的養殖期程，難以進行經濟效應相關的後續評估，惟可提出已飼料育肥 4 週，海膽的 GSI 可高過餵食藻類的 1.5 倍以上。
10. 與野生海膽相較，消費者較偏好或能接受之海膽生殖腺色澤為何，可否提供相關色碼範圍。	海膽性腺適合色澤之範圍部分，前經詢問各養殖戶，惟各戶建議不同難以整合，後續可能需擴大詢問、調查對象。
11. 水晶鳳凰螺飼料研發部分，黑水虻似乎成效不錯，建議可再評估其作為蛋白質來源之可行性。	已在建議中提及。
柯委員志鴻	
12. 本次委託案所輔導養殖場包含各式養殖型態，各有特色及利弊，建請團隊概估各養殖型態花費成本及推薦養殖方式。	各型態養殖模式成本部分，業者說明意願低，皆表示賠錢。依目前各戶培育情形，應是以塑膠籃養殖效果較好；箱網質地軟、重量輕且易卡藻類，業者因清理不易而疏於管理。建立良好飼育環境應優先於飼料投餵管理。
13. 可否提供水晶鳳凰螺飼料予種苗場辦理養殖試用？	將會再提供水晶鳳凰螺飼料予種苗場進行試驗。
14. 有關期末報告提出海膽育肥期間需要光照部分，請問其	陳弘毅 (2008) 探討溫度、光週期與飼料中 β -胡蘿蔔素含量對本

緣由?	種生殖腺成熟與成長之影響，結果顯示光照時間 12 小時以上 GSI 有較佳表現。
陳委員銓汶	
15. 目前所製作海膽飼料保存期限多久?業者直接聯繫廠商購買最低購買量要多少?	報告所提出飼料成本係提供飼料配方予與飼料廠後，由該廠所採購原料製作成本計算，因屬特殊規格規飼料，爰較格較高。另目前飼料場開一條生產線之生產量至少要 4 公噸。本批所繳交海膽商業飼料考量前一批飼料因以紙袋包裝，容易受潮建之經驗，改為使用塑膠袋之特殊包裝，評估可存放 2 個月以上。
16. 可否推估海膽投餵藻類及人工飼料之換肉率為多少?	依實驗室飼養海膽經驗評估，投餵 1 公斤昆布體重約增加 2%，飼料則約為昆布之 1.5 倍。

附錄 1—面訪記錄表

一、西衛宏安養殖場

初訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間: 114.07.29 面訪次數: 1 記錄人: 王沂文

養殖場名稱: 宏安養殖場	負責人姓名: 張宏安
地址: 澎湖縣馬公市西衛里693號	海膽養殖資歷: 1年半
場地規模: 2~3m ² / 1甲2	種苗來源/買價: 張國亮, 1顆10元, 2~3cm
養殖模式: 室內 <u>室外</u> 系統池/ <u>陸上箱網</u> / 海上箱網/ 硬池/ 軟池 封閉式循環水/ 半封閉式循環水/ 流水式/ <u>潮汐換水</u>	
養殖條件: 水溫 <u>29~30°C</u> 、鹽度 <u>33</u> 、光照 <u>自然光</u> 、 水深 <u>60cm</u> / 水深/池深 <u>3m</u> 、換水量 <u>1/3</u>	
投餵策略: <u>0 10</u> (粒)、飼/餌料來源 <u>自採</u> 餵食頻率 <u>1次</u> 、日餵食量 <u>無定量</u> 、 日殘餌量 <u>0</u> 、殘餌處理方式 <u>—</u>	
生殖腺育肥成效: <u>連年</u> 2~3cm、預2.8cm開始, 擬以飼料育肥	
育成率: <u>9個月</u> / 實際 <u>1萬</u> 個體數 / 總 <u>3萬</u> 個體數	售價: 澎湖 200元/顆 臺灣 230元/顆
損耗情形: 5~6cm死, 網毛藻, 損耗7成, 掉棘	
業者口述: 賣魚對象: 零店商、餐廳; 目前養殖箱體 箱體2cm, 藻類餵2個月, 5~6cm(殼徑)(目前) 箱網長網毛藻, 框在海膽, 造成死亡 現有成膽是去年的, 賣售中 前年生成的量產飼料好用, 缺飼料 目前養殖底面積(箱網): 110cm x 70cm = 7700cm ²	

自肥純膽估計
 目標體長殼徑
 2~8cm
 目標育肥體重
 180~200g

初訪

輔導方建議：

1. 需定期撈除銅毛藻。
2. 飼料開始餵食後，需注意投餵量，控制在1日內幾乎攝食完畢為佳。
3. 死體需儘早撈除，避免同類啃食屍體。

未開始餵食飼料，下個月開始

每月記錄1次體重(g)： 生殖腺種(g)： GSI(%)：

各項建議執行度（面訪2次含以上後填寫）：

建議事項	是否執行	
	是	否

受訪人簽章：

記錄人簽章：

- 注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。
2. 受訪記錄表1式2份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

2 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.08.25 面訪次數：2 記錄人：王玟文

養殖場名稱：宏安養殖場		負責人姓名：張宏尉	
地址：澎湖縣馬公市西衛里 693 號		海膽養殖資歷：1.5 年	
場地規模：2,425/12,000 m ² 面積		種苗來源/買價：漁慶興水產行，殼徑 1~2 cm，12 元/顆	
養殖模式：室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水			
養殖條件：水溫【夏:29~30°C】、鹽度【33 ‰】、光照【自然光】、 水深【實際養 60 cm / 3 m 水總深】、換水量【2/3】			
投餵策略：飼料/餌料 (0:10)、飼/餌料來源【自採(藻)】 餵食頻率【1天1次】、日餵食量【無定額】、 日殘餌量【0】、殘餌處理方式【—】			
生殖腺育肥成效：起始殼徑/體重/目標體重/育肥方法/育肥耗時			
育成率：育成時/實產/總產/體數/總進苗個體數		售價：260元/顆 250元/顆	
損耗情形：大量死亡發生時期/損耗量/死亡特徵			
業者口述：9月份進植體，擬全粒餵食飼料，放在 80x57.5x42 塑膠籃 5,000 inds. 硬式箱網，海膽爬下攝食時，網底凹 現場目前剩 2,000 餘個 150 個養 陷，海膽垂疊，死亡。 飼料選擇：6 號 (10.0 mm)			

2 訪

變型的箱組
吃不到飼料的海膽(B)
吃不到飼料的海膽(A)
B吃A, B又因受傷感染而死

輔導方建議：

1. 需注意箱組內壁生長的藻類，若太過密集會影響飼料攝食量。
 2. 箱組變形，需先調整回原先型態再投餵飼料。
- 避免海膽重疊造成擠壓，進而因受傷、細菌感染、殘食而死亡(示意圖)。

另外記錄

每月記錄1次體重(g)： 生殖腺重(g)： GSI(%)：

各項建議執行度(面訪2次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
需定期撈除剛毛藻	✓	
飼料開始餵食後，須注意投餵量，控制在1日內幾乎攝食完畢為佳	✓	
死體須儘量撈除，避免同類啃食屍體	✓	

受訪人簽章：

記錄人簽章：

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表1式2份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期限內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

設法 1 2 3

1.
2.
3.

4.
5.
6.

2

7.
8.
9.

10.

3 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.09.15 面訪次數：3 記錄人：王沂文

養殖場名稱：宏安養殖場	負責人姓名：張宏尉
地址：澎湖縣馬公市西衛里 693 號	海膽養殖資歷：113.02 開始 目前 1 年 8 個月
場地規模：2,425/12,000 m ² 面積	種苗來源/買價：漁慶興水產行， 殼徑 2-3 cm，10 元/顆
養殖模式：室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水	
養殖條件：水溫【夏：29-30℃】、鹽度【33 ‰】、光照【自然光】、 水深【實際養 60 cm / 3 m 水總深】、換水量【2/3】	
投餵策略：飼料/餌料 (10:0)、飼/餌料來源【種苗場/ -】 餵食頻率【17 次】、日餵食量【無記錄】、 日殘餌量【無】、殘餌處理方式【-】	
生殖腺育肥成效：起始殼徑、體重/目標體重/育肥耗時	
育成率：育成耗時/實際售出個體數/總進苗個體數	售價：同上月
損耗情形：大屬死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述：管理者輪換，不熟悉養殖流程， 同時餵食藻類與飼料，未清除殘餌、未清除網孔 附著藻，每導致大量死亡，育肥成效試驗全數死亡， 訪視當日已換回原管者。原 9 月進苗改 10 月，進 5,000 顆	
新箱網內徑長 75 cm，寬 45 cm，水深 36 cm，海膽可活動面積 1.22 m ² 底面積 0.34 m ² ，共 100 個，預計每箱網養 50 顆稚膽	

✓
每日工作完成後，
難以配合記錄
每日管理餵食表

長邊孔徑
3 cm
短邊孔徑
2 cm
底部鋪設
孔徑 1 cm 黑網

按進程餵
飼料

3 訪

輔導方建議：

1. 新箱網底部鋪設的黑網需固定四邊，避免海膽鑽入，磨擦受傷。

2. 請所有管理者落實建議事項。

3. 新箱網底面積僅 0.34 平方公尺，養 50 顆箱網密度過高，會有吃不到飼料、推擠、殘食的情況，建議再購入，儘量選用底面積大的，現有箱網，每籠養 30 顆左右即可。↓ 設置 30cm² 左右

每月記錄 1 次體重 (g)： 生殖腺重 (g)： GSI (%)：

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
需定期撈除剛毛藻 (初訪) / 非所有管理者都落實 (A 級 A)		✓
飼料開始餵食後，須注意投餵量，控制在 1 日內幾乎攝食完畢為佳 (初訪) / 非所有管理者都落實		✓
死體須儘量撈除，避免同類啃食屍體 (初訪)	✓	
須注意箱網內壁的藻類，若太過繁密會影響飼料設食量 (2 訪) (A)		✓
箱網變形，需先調整回原先形狀再投餵飼/餌料，避免海膽重疊造成擠壓，造成受傷、細菌感染，及殘食而死亡 (2 訪)	✓	

受訪人簽章：

記錄人簽章：

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期限內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

4 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間: 114.10.13 面訪次數: 4 記錄人: 王玢文

養殖場名稱: 宏安養殖場	負責人姓名: 張宏尉
地址: 澎湖縣馬公市西衛里 693 號	海膽養殖資歷: 113.02 開始 目前 1 年 9 個月
場地規模: 2,425 / 12,000 m ² 面積	種苗來源/買價: 漁慶興水產行 2 cm
養殖模式: 室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水	
養殖條件: 水溫【夏: 29~30°C】、鹽度【33‰】、光照【自然光】、 水深【實際養 60 cm / 3 m 水總深】、換水量【2/3】	
投餵策略: 飼料/餌料 (成 10:0 稚 0:10) 、飼/餌料來源【種苗場 漁場內 自行生長】 餵食頻率【飼 12 次 稚 吃不完即停】、日餵食量【無記錄】、 日殘餌量【5%】、殘餌處理方式【刷出箱網外】	
生殖腺育肥成效: 起始殼徑、體重/目標體重/育肥料/育肥期時 ~ 3 個月	
育成率: 育成耗時/實際售出個體數/總進場個體數 5,000 / 6,800 售價: 同上月	
損耗情形: 無死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述: 管理者許先生, 現養稚膽; 管理者張先生, 接手成膽養殖(育肥)。	
因稚膽體型較預先購買的箱網孔徑小, 暫值養在孔徑 1 cm 的 (塑膠搬運箱) (硬式箱網) 中。	

因烏尾藻的季節已過, 餵食養殖池中生長的較薄層藻類。
 待稚膽體型大到能養在塑膠搬運箱, 嘗試餵飼料

4 訪

輔導方建議：

目前養殖狀況穩定，飼料使用亦無問題，
最後1次訪視無建議事項。

每月記錄1次體重 (g)： 生殖腺重 (g)： GSI (%)：

各項建議執行度 (面訪2次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
需定期撈除剛毛藻 (初訪)	✓	
飼料開始餵食後，須注意投餵量，控制在1日內幾乎攝食完畢為佳 (初訪) 控制在5%	✓	
死體須儘量撈除，避免同類啃食屍體 (初訪)	✓	
須注意箱網內壁的藻類，若太過繁密會影響飼料設食量 (2訪)	✓	
箱網變形，需先調整回原先形狀再投餵飼/餌料，避免海膽重疊造成擠壓，造成受傷、細菌感染，及殘食而死亡 (2訪)	✓	
新箱網底部鋪設的黑網區固定四邊，避免海膽鑽入摩擦受傷 (3訪)		✓
請所有管理者落實建議事項 (3訪)	✓	
新箱網底面積僅0.34m ² ，養50顆稚膽密度過高，會有吃不到飼料、推擠、殘食的情況，建議再購入，儘量選用底面積大的 (3訪)		✓
以現有箱網養殖殼徑3cm左右的稚膽，建議每籠養30顆即可 (3訪)		✓

業者認為不影響。
海膽殼徑太小，暫未尋到合適規格，之後會執行

受訪人簽章：29 8/15/15

記錄人簽章：王玟文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表1式2份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期限內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

二、望安岩川養殖場

初訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.07.30 面訪次數：1 記錄人：王珮文

養殖場名稱：岩川養殖場	負責人姓名：王長壽
地址：澎湖縣望安鄉60-2號	海膽養殖資歷：6個月
場地規模：海膽養殖面積/池1坪/1坪14m	種苗來源/買價：張國亮/1~2cm, 12元/顆
養殖模式：室內/室外 室內/室外 陸上箱網/海上箱網/軟池/室內/室外 封閉式循環水/半封閉式循環水/無水式/潮汐換水	室內/室外 室內/室外 室內/室外 室內/室外
養殖條件：水溫【室內28】/室外31~32 鹽度【34~35】、光照【自然光】、水深【室內60cm】/室外120cm、換水量【流水】	
投餵策略：飼料/餌料 目前 0/10 藻類、飼/餌料來源【自採】、	
餵食頻率【1日1次】、日餵食量【10kg】、	
日殘餌量【0】、殘餌處理方式【無殘餌】	
生殖腺育肥成效：起始體重/目標體重/育肥方法/育肥耗時 6cm開始	
育成率：育成耗時/實際售出個體數/總進苗個體數 400	售價：—
損耗情形：大量死亡/死亡時間/損耗量/死亡特徵 缺乏餌料、殘餌	
業者口述：今年1月19進殼徑1~2cm苗400個體，淺水區半年，5~6cm，死20顆左右，藻不夠餵。極少數 養殖密度：每平方公尺30顆左右	

初訪

輔導方建議：

1. 室內池水深降低至 20 cm 左右，增加海膽攝食機率，減少殘食。

2. 室內池餵食飼料需清楚底質，增進排汙效果。

3. 現為陸上小型試驗池，之後可嘗試移至室外以箱網飼養，加上網蓋可防高溫。

區域尚不合適投餵飼料，下次開始。

每月記錄 1 次體重 (g)：生殖腺種 (g)：GSI (%)：

4. 密度下降到 20~25 顆/m²

各項建議執行度（面訪 2 次含以上後填寫）：

建議事項	是否執行	
	是	否

受訪人簽章：王長新

記錄人簽章：王珮文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。
2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期程內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

2 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.08.26 面訪次數：2 記錄人：王沂文

養殖場名稱：岩川養殖場	負責人姓名：王長壽
地址：澎湖縣望安鄉水垵村 60-2 號	海膽養殖資歷：114.02 開始 目前 7 個月
場地規模：20/11,420 m ² / 總面積	種苗來源/買價：漁慶興水產行， 殼徑 1-2 公分，12 元/顆
養殖模式：夏室內/冬室外 室內池/陸上箱網/海上箱網/室外/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/室內式/室外換水	
養殖條件：水溫【 ^{夏室內:28-29°C} 室外:31-32°C】、鹽度【34‰】、光照【自然光】、 室外 無海膽 / 1.2~3 m 水深【 ^{每池養殖水深/池水總深} 室內 0.6~1 m / 0.6~1 m】、換水量【流水式】	
投餵策略：飼料/餌料 (1:1)、飼/餌料來源【種苗場高麗菜】 餵食頻率【1天1次】、日餵食量【10~15顆海膽餵2~3顆飼料 餌無定量】 日殘餌量【40%】、殘餌處理方式【撈除】	
生殖腺育肥成效：壳徑 5.6cm、體重 160g、目標體重 180-200g、8/27開始育肥、 提肥2個月	
育成率：育成耗時/上市售出個體數/進苗個體數	售價：—
損耗情形：大無死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述：藻類缺乏，現餵食高麗菜 已設置水位較低的水槽，嘗試投餵飼料 擬在9月中進苗，商業飼料選 6 號 (10.0 mm)	

2 訪

輔導方建議：

1. ~~無底質~~有無底質的養殖槽，能停餵高麗菜，改投飼料。
2. 養殖槽最好選用底部平坦的。
3. 飼料餵食後隔日，若海膽無攝食行為，即可連同糞便抽除。

每月記錄 1 次體重 (g) ~~58.5g~~ 生殖腺重 (g) : GSI (%) :

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
室內池水深降低至 30 cm，增加海膽攝食機率、減少殘食。	✓	
室內池餵食飼料須清除底質，增進排汙效果。	✓	
現為陸上小型試驗池，之後可嘗試移至室外以箱網飼養，加往蓋可防高溫 / 原因：有增設室內池分散密度		✓
密度下降到 20~25 顆 / m ²	✓	

受訪人簽章：

王長壽

記錄人簽章：

王玟文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

3 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

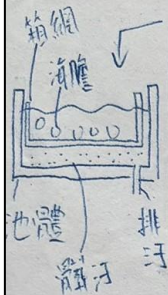
養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間: 114.09.16 面訪次數: 3 記錄人: 王沂文

養殖場名稱: 岩川養殖場	負責人姓名: 王長壽
地址: 澎湖縣望安鄉 ^{中社} 水寮村 60-2 號	海膽養殖資歷: 114.02 開始 目前 8 個月
場地規模: 20/11,420 m ² 總面積	種苗來源/買價: 漁慶興水產行, 殼徑 1~2 公分, 12 元/顆
養殖模式: 夏室內/冬室外 ^{室內} 池/陸上箱網/海上箱網/室外/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/室內式/潮 ^{室內} 外換水	
養殖條件: 水溫【 ^{夏室內: 28~30°C 30°C 以上} 室外: 31~32°C】、鹽度【34‰】、光照【自然光】、 室外 無海膽 / 1.2~3 m 水深【 ^{室內 0.6~1 m / 0.6~1 m} 】、換水量【流水式】	
投餵策略: ^{飼料/餌料} (1:1)、飼/餌料來源【 ^{桂苗易消化} 】 餵食頻率【 ^{少量多餐} 】、日餵食量【 ^{10 顆海膽 餵 3~4 顆飼料} 】 日殘餌量【 ^{飼 10%~40%} 】、殘餌處理方式【 ^{餵食隔日即由除} 】	
生殖腺育肥成效: ^{80% 育肥} 、 ^{100% / 目標 1800 個 / 08/27 開始育肥} 、 ^{比較飼料/餌料} 育肥方法/育肥耗時、 ^{效益}	
育成率: ^{1.5 左右 / 售後紀錄} 育成耗時/價格/售出個體數/總進苗個體數	售價: —
損耗情形: ^{08/26 (2 誤) 至 09/16 (3 誤)} 死亡, 吃飼料 ⁸¹ 、 ^{體型小} 、 ^{飼料} 、 ^{攝食狀況不佳}	
業者口述: 8/27 開始記錄飼料餵食狀況, 初期轉 ^料 階段, 100 顆海膽餵 20 顆飼料 (10:2), 殘餌量 85%, 到 8/31 已適應飼料, 以 10:2.5 ~ 10:4 的比例餵食, ^{攝食狀況調整} 殘餌率 10~40%, 每日攝食量不一。飼料都是敲碎後再餵食, 每顆海膽都吃得到, 無爭食與殘食狀況。 原, 9 月進苗, 但天氣太熱, 改中秋後再做打算。 ^{水溫高} ^{攝食少}	

至 9/16 (3 誤)
已能控制在
10% 以下

3 訪



輔導方建議：

1. 目前管理方法投餵策略良好，無需改善。
2. 室內池若有池底糞便，殘餌難以清除的問題，可仿陸上箱網模式，讓海膽不直接接觸池底，增進底部水的流動性，更易排除糞污。

*解剖海膽殼徑：飼料 64.90 mm；藻/菜 62.10 mm

每月記錄1次體重(g)： 生殖腺重(g)： GSI(%)：

各項建議執行度（面訪2次含以上後填寫）：

建議事項	是否執行	
	是	否
室內池水深降低至 30 cm，增加海膽攝食機率、減少殘食（初訪）	✓	
室內池餵食飼料須清除底質，增進排污效果（初訪）	✓	
現為陸上小型試驗池，之後可嘗試移至室外以箱網飼養，加網蓋可防高溫（初訪）/ 業者增設室內池，已分散密度，暫無移至室外養殖的打算（2訪）	×	✓
密度下降到 20-25 顆 / m ² （初訪）	×	✓
無底質的養殖槽能停餵高麗菜，改投飼料（2訪）	✓	
養殖槽最好選用底部平坦的（2訪）	✓	
飼料餵食後隔日，若海膽無涉食行為，殘餌即可連同糞便抽除（2訪）	✓	

受訪人簽章：王長壽

記錄人簽章：王玠文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。
2. 受訪記錄表1式2份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

4 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.10.14 面訪次數：4 記錄人：王玢文

養殖場名稱：岩川養殖場	負責人姓名：王長壽
地址：澎湖縣望安鄉 ^{中社} ~~水潭~~ 村 60-2 號	海膽養殖資歷：114.02 開始 目前 9 個月
場地規模： ~~20~~ /11,420 m ² / 總面積	種苗來源/買價：漁慶興水產行
養殖模式：夏室內/冬室外 ~~室內池~~ /陸上箱網/海上箱網/室外軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/ ~~室內式~~ /潮 ~~室內~~ 換水	
養殖條件：水溫【 ^{夏室內:28-30℃以上} 室外:31-32℃】、鹽度【34‰】、光照【自然光】、 水深【 <del>室內:0.2~0.6 m</del> /0.2~0.6 m】、換水量【流水式】	
投餵策略：飼料/餌料 (1:1)、飼/餌料來源【 ~~種苗場~~ / ^{蘇芒泰} 單物 餵食頻率【 ^{少量多次} 】、日餵食量【 ^{10顆海膽 30顆飼料} ^{150顆 2kg 蔬菜} 日殘餌量【5%以下】、殘餌處理方式【 ^{抽除} 】	
生殖腺育肥成效： ^{起始} ~~起始~~ 體、體重/日 ^{180g} ~~180g~~ 飼料法/育 ^{1/3} ~~1/3~~ 體	
育成率： ^{尚未有出售紀錄} ~~育成率~~ 出產體數/總進箱個體數	售價：—
損耗情形： ^無 ~~無~~ 死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述：土地屬國有池，欲擴建養殖規模，需先向養漁局申請通過，待確認顧客對海膽的接受度後，再行申請。 養殖海膽僅供自家服務遊憩業使用，暫無賣售打算。	

3. 擬將現餵食藻類的飼育槽，改置為平底水槽，並移除底貨，再將場中所有海膽按體型大小分養，以殼徑 7cm 為分界，
 飼養 < 7cm 殼徑 < 飼料

4 訪

雖養殖密度高，
但

輔導方建議：

又業者餵食量充足，極
海膽已長至成體，發生殘食~~無~~機率低，現
養殖狀況穩定，投餵策略優良，無建議可
提供。

飼料：殼徑 66.2 mm；蔬菜/藻類：殼徑 70.9 mm

每月記錄 1 次體重 (g)： 生殖腺重 (g)： GSI (%)：

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
室內池水深降低至 30 cm，增加海膽攝食機率、減少殘食 (初訪)	✓	
室內池餵食飼料須清除底質，增進排汙效果 (初訪)	✓	
現為陸上小型試驗池，之後可嘗試移至室外以箱網飼養，加網蓋可防高溫 (初訪) / 業者增設室內池，已分散密度，暫無移至室外養殖的打算 (2 訪)		✓
密度下降到 20~25 顆 / m ² (初訪) 空間有限，目前 50 顆 / m ²		✓
無底質的養殖槽能停餵高麗菜，改投飼料 (2 訪)	✓	
養殖槽最好選用底部平坦的 (2 訪)	✓	
飼料餵食後隔日，若海膽無涉食行為，殘餌即可連同糞便抽除 (2 訪)	✓	
室內池若有池底糞便、殘餌難以清除的問題，可仿陸上箱網模式，不讓海膽直接接觸池底，增進底部水的流動性，更易排除髒污 (3 訪)		✓

不影響汙污
亦無殘食

目前手動抽除
效果尚可

受訪人簽章：王長壽

記錄人簽章：王沂文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期程內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

三、七美建興九孔養殖場

初訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間: 114.07.31 面訪次數: 1 記錄人: 王玟文

養殖場名稱: 建興九孔養殖場	負責人姓名: 李建興 (七美鄉)
地址: 澎湖縣七美鄉 23°12'43.7"N 119°24'42.5"E	海膽養殖資歷: 5 較多
場地規模: 450m ² 面積 3,700坪	種苗來源/買價: 張國亮/20元, 9元/顆
養殖模式: 室內 室外 系統池 陸上箱網 海上箱網 硬池 軟池	箱網: 68個 (每個10~20顆)
封閉式循環水/半封閉式循環水 流水式/潮汐換水	
養殖條件: 水溫【28°C (室外) 室內=27°C】、鹽度【34.5】、光照【自然光】、水深【25cm 池水1.5m】、換水量【流水】	
投餵策略: 飼料/餌料 1:2 飼/餌料來源【蝦場/嘉義縣 龍巖菜】	
餵食頻率【1次】、日餵食量【20顆膽, 銀10顆, 陳德堂】	
日殘餌量【0】、殘餌處理方式【—】	
生殖腺育肥成效: 起始殼徑、體重/日換體重/飼料交替	
育成率: 3個月/約1,500個體數/6~7年 售價: 200	
損耗情形: 進苗後不久/虧/掉棘	
業者口述: 去年8月、今年3月進苗, 殼徑3公分 5000顆死2000多顆, 稚~成膽, 飼、龍巖菜交替 ~~56mm~~ 缺乏天然藻	

初訪

輔導方建議：

1. 飼料建議 20 顆海膽每天 10~15 顆的飼料。
 2. 剩餘餌最多放置到第二天，就需要清除。
 3. 新進苗先放在室內場適應環境，大約 1 週後可移至室外。
 4. 海膽密度可從 1 箱 50 顆減少至 40 顆，降低受傷感而死亡的数量。
- 每月記錄 1 次體重 (g)： 生殖腺種 (g)： GSI (%)：因

各項建議執行度（面訪 2 次含以上後填寫）：

建議事項	是否執行	
	是	否

受訪人簽章：

李建興

記錄人簽章：

王珮文

注意事項： 1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。
2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期程內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

2 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.08.27 面訪次數：2 記錄人：王沂文

養殖場名稱：建興九孔養殖場		負責人姓名：李建興	
地址：澎湖縣七美鄉5鄰64-2號		海膽養殖資歷：111年開始 目前5年	
場地規模：50/12,230 m ² / 總面積		種苗來源/買價：漁慶興水產行， 殼徑3公分，9元/顆	
養殖模式：室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水			
養殖條件：水溫【28°C】、鹽度【34.5‰】、光照【自然光】、 水深【實際養0.25/1.5m總深】、換水量【流水式】			
投餵策略：飼料/餌料 (1:2)、飼/餌料來源【種苗場/嘉義布袋 20~25顆銀10~15顆飼料 無定置 日殘餌量【0】、殘餌處理方式【-】			
生殖腺育肥成效：起始殼徑、體重/目標體重/繁殖法/繁殖時			
育成率：育成時/實際售出個體數/總進苗個體數		售價：同上月	
損耗情形：大量死亡發生時期/損耗量/死亡特徵			
業者口述：海膽養在池中，清潔時會從池壁上 掉落死亡，還是以網籃飼養較佳。 預計9月進苗，5000顆 自嘗試繁殖種苗 商業飼料粒徑選：6號(10.0mm)			

2 訪

輔導方建議：

1. 目前海膽已達自肥體型以上 ($>5\text{cm}$, 約 7cm), 可試著逐步減少龍鬚菜餵食量, 增加飼料投餵量。
2. 自肥中的海膽需要較充足的日照, 若遇陰天建議開遮陽網收起。

每月記錄 1 次體重 (g): _____ 生殖腺重 (g): _____ GSI (%): _____

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫):

建議事項	是否執行	
	是	否
建議 20 顆海膽餵 10~15 顆飼料。	☒	☐
殘餌最多放置到第 2 天就須清除。	☒	☐
新進種苗先放在室內場適應環境, 大約 1 周後可移至室外。	☒	☐
海膽種苗密度可從 1 箱網 50 顆減少到 40 顆, 降低因受傷感染而死亡的數量。	☒	☐
	☐	☐
	☐	☐
	☐	☐

受訪人簽章：

李建興

記錄人簽章：

王沂文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

3 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間: 114.09.18 面訪次數: 3 記錄人: 王沂文

養殖場名稱：建興九孔養殖場		負責人姓名：李建興	
地址：澎湖縣七美鄉5鄰64-2號		海膽養殖資歷：111年開始 目前5年	
場地規模：50/12,230 m ² / 總面積		種苗來源/買價：漁慶興水產行， 殼徑3公分，9元/顆	
養殖模式： ~~室內~~ / <u>室外</u> 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水			
養殖條件：水溫【28°C】、鹽度【34.5‰】、光照【自然光】、 水深【實際養0.25/1.5m 總深】、換水量【流水式】			
投餵策略：飼料/餌料（ <u> </u> ： <u> </u> ）、飼/餌料來源【 <u>種苗場 嘉華 可袋</u> 】 餵食頻率【 <u>讓吃飽再放飼 2次</u> 】、日餵食量【 <u>無紀錄</u> 】、 日殘餌量【 <u>飼10~5%</u> 】、殘餌處理方式【 <u>清除</u> 】			
生殖腺育肥成效： <u>無指定記錄期</u> / 體重 / 飼料 / 養殖 / 耗時			
育成率：育成 <u>個數</u> / 實際售出個體數 / 總進苗個體數		售價：—	
損耗情形： <u>無</u> 死亡發生時期 / 損耗量 / 死亡特徵			
業者口述：1. 目前的9號料規格太大，1顆海膽吃不完。 2. 飼料投餵後，需每日觀察管理，藻類可1次投放3~4天的量，期間不需太多管理。 3. 仍是以藻類為主，缺乏時才使用飼料。 4. 擬購買昆布非大食用部份，餵食海膽。 5. 等這次量產的6號長條飼料產出後，才打算全			

3 訪

輔導方建議：

1. 建議育肥階段以飼料餵食，能大幅縮減育成時間，進而減少成本與風險。
2. 海膽殼徑 6~7 公分可育肥、出售，體型再大，生殖腺轉化為精、卵影響賣相、口感。

每月記錄 1 次體重 (g)： 生殖腺重 (g)： GSI (%)：

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
建議 20 顆海膽餵 10~15 顆飼料 (初訪)	✓	
殘餌最多放置到第 2 天就須清除 (初訪)	✓	
新進種苗先放在室內場適應環境，大約 1 周後可移至室外 (初訪)		
海膽種苗密度可從 1 箱網 50 顆減少到 40 顆，降低因受傷感染而死亡的數量 (初訪)		
目前海膽已達育肥體型以上 (>5 cm，約 7 cm)，可試著逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餵量 (2 訪) / 仍與該輪流餵食		✓
育肥中的海膽需要較充足的日照，若遇陰天建議將遮陽網收起 (2 訪)	✓	

未進苗

受訪人簽章：

李建興

記錄人簽章：

王沂文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期程內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

4 訪

白棘三列海膽養殖管理輔導計畫

養殖戶面訪記錄表

面訪日期/時間：114.10.15 面訪次數：4 記錄人：王玢文

養殖場名稱：建興九孔養殖場	負責人姓名：李建興
地址：澎湖縣七美鄉平和村 64-2 號	海膽養殖資歷：111 年開始 目前 5 年
場地規模：50/12,230 m ² / 總面積	種苗來源/買價：漁慶興水產行 14元/個
養殖模式：室內/室外 系統池/陸上箱網/海上箱網/硬池/軟池 封閉式循環水/半封閉式循環水/流水式/潮汐換水	
養殖條件：水溫【28°C】、鹽度【34.5‰】、光照【自然光】、 水深【實際養0.25/1.5m水總深】、換水量【流水式】	
投餵策略：飼料/餌料 夏又飼養、飼/餌料來源【桂安場/嘉市袋-龍鬚菜 大陸-昆布 餵食頻率【一次昆布 4-5天 飼料】、日餵食量【無記錄】、 日殘餌量【無記錄】、殘餌處理方式【清除】	
生殖腺育肥成效：無特選已離種用 標體重/育肥方法/育肥耗時	
育成率：育成耗時/實際售出個體數/總建苗個體數 各季未出售 1500+1800	售價：200-250元/元
損耗情形：無量死亡發生時期/損耗量/死亡特徵	
業者口述：1. 從大陸買進昆布餵食海膽，成本較高，但因龍鬚菜缺貨，沒辦法。 2. 有持續當繁殖種苗。	

4 訪



輔導方建議：

1. 因養殖池管路設計，無法從池壁外調節水位，池內的溢流管是必須的，建議可採用雙套管，增進池底髒污排除效率。
2. ~~建議~~執行上一項建議後，養殖池中可飼養工作魚，專食塑膠搬運箱中掉出的飼料，減輕管理上的負擔。
3. 以藻類育肥，時間與金錢成本過高，飼料，

每月記錄 1 次體重 (g)： 生殖腺重 (g)： GSI (%)：

各項建議執行度 (面訪 2 次含以上後填寫)：

建議事項	是否執行	
	是	否
建議 20 顆海膽餵 10~15 顆飼料 (初訪)	✓	
殘餌最多放置到第 2 天就須清除 (初訪)	✓	
新進種苗先放在室內場適應環境，大約 1 周後可移至室外 (初訪)	✓	
海膽種苗密度可從 1 箱網 50 顆減少到 40 顆，降低因受傷感染而死亡的數量 (初訪) 20~30 顆	✓	
目前海膽已達育肥體型以上 (>5 cm，約 7 cm)，可試著逐步減少龍鬚菜餵食量，增加飼料投餵量 (2 訪) 仍以藻類為主		✓
育肥中的海膽需要較充足的日照，若遇陰天建議將遮陽網收起 (2 訪)	✓	
建議育肥階段以飼料餵食，能大幅縮減育成時間，進而減少成本與風險 (3 訪) 仍以藻類為主		✓
海膽殼徑 6~7 cm 可育肥、出售，體型再大，生殖腺轉化為精、卵原細胞，影響賣相、口感 (3 訪)	✓	

受訪人簽章：

李連興

記錄人簽章：

王沂文

注意事項：1. 請受訪人確認記錄內容符合事實再簽章，簽章即認同本表所有內容屬實。

2. 受訪記錄表 1 式 2 份，分別由受訪人與記錄人留存，請於計畫期內妥善保管。

計畫全名：白棘三列海膽養殖管理輔導暨水晶鳳凰螺飼料蛋白質來源研究計畫

案號：AF-114-31

委託單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立嘉義大學 水生生物科學系

計畫主持人：朱建宏

附錄 2—白棘三列海膽不同體型之養殖密度與日餵食量參考

海膽殼徑 (毫米)	養殖密度 (個體數 / 平方公尺)*		日餵食量** (克 / 個體)
	建議值	最高值	
10	2,550	5,100	0.5
20	640	1,270	1
30	280	570	1.5
40	160	320	2
50	100	200	2.5
60	70	140	3
70	50	100	3.5
80	40	80	4
90	30	60	4.5

*僅計算養殖籃具或水槽的底面積，「不含」垂直面積，計算公式為： $(\text{底面積 mm}^2 \times 0.2 \sim 0.4) / ((\text{殼徑}/2)^2 \times 3.14159)$ ，四捨五入至十位數。

**日餵食量為殼徑的 5%，建議分 2~3 次投餵，視殘餌量進行調整。