

澎湖竹灣海域棲居於延繩式養殖牡蠣串之動物相

Fauna in Longline Oyster Farm in Jhuwan Waters, Penghu, Taiwan

胡煥芸 施志昀 黃睿禹*

Huan-Yun Hu Jhy-Yun Shy and Jui-Yu Huang*

國立澎湖科技大學 水產養殖系 880澎湖縣馬公市六合路300號

Department of Aquaculture College of Marine Resources and Engineering National Penghu
University of Science and Technology
No. 300, Liuhe Rd., Magong City, Penghu County 880, Taiwan

*通訊作者: mayflower5560@gmail.com

*Corresponding author: mayflower5560@gmail.com

摘要

本研究為調查澎湖縣竹灣海域延繩式養殖牡蠣周遭的生物。採樣時間為2018年7-8月與2019年7-8月。結果發現2018年之採獲物種的組成共7門32科38屬49種生物，採獲頻率分析則以少見與稀有漁獲種類為主，共佔92%；2019年之採獲物種的組成共4門9科10屬11種生物。由此可知此生態系的主要組成為少見與稀有物種，而較為多元的組成特性物種間的可取代性

高，生態系亦較為穩定。比較2017年底與2018年底冬季海溫，發現前者皆大約較後者低，推測影響2019年物種數與量的原因在於，2018年的冬季不夠寒冷，無法在此海域以大型藻類累積冬季的營養鹽。

關鍵詞：澎湖、牡蠣、動物相

Abstract

This study was conducted to investigate the basic fauna information in the longline oyster farm in the Jhuwan waters of Penghu County, Taiwan. Samples were collected from July to August in 2018 and 2019, respectively. A total of 49 samples, including 49 species, 38 genera, and 32 families from seven phyla, were obtained in 2018. Analysis showed that rare and scarce species had the highest appearance frequency, making up 92% of total samples. A total of 11 samples, including 11 species, 10 genera, and nine families from four phyla were obtained in 2019. Analysis showed rare species had the highest appearance frequency, reaching 82% of total samples. We conclude that the main inhabitants in this ecosystem are rare and scarce species, and the high fauna diversity allowed replacements of species. The ecosystem was thus more resilient. Comparison of sea temperatures in late 2017 and 2018 showed that 2018 was warmer, which could have adversely impacted species numbers and population in 2019, as warmer climate caused reduced nutrients and therefore lower seaweed growth in the winter.

Key words: Penghu County, oyster, fauna

收件日期：2020年06月29日

Received: June 29, 2020

接受日期：2021年01月04日

Accepted: January 04, 2021

前言

澎湖群島係由64個大小島嶼所組成，地理位置位於中國與台灣之間，附近有中國沿岸流、黑潮支流、南海季風流等不同

海流匯集，漁業資源豐富，且附屬離島眾多，提供良好避風所，具有先天地理與海域的優越條件，而周邊海域水質潔淨，適宜海水養殖，故發展出眾多箱網養殖漁場（王，2010）。



圖版1. 澎湖內灣海域（紅圈）&採樣地點（★）(23.625926°E, 119.521558°N)
（圖片來源: Google map）

澎湖之內灣海域是指位在本島中間之半封閉海域（陳等，2016）（圖版1）。內灣海域與周邊海域深度具有明顯差異，內海水深大多在15 m以淺，因深度較淺又受部分陸地遮掩，故受季風、海浪、海流之影響較小，形成海洋生物良好的生活與棲息場所，同時也是澎湖當地沿岸漁業及近海漁船活動頻繁之海域，如牡蠣養殖等（陳等，2016）。目前在內灣的養殖戶多以空汽油桶或保麗龍塊等製作浮標，並以雙纜於一定的間隔串連在海上，而牡蠣吊掛於纜繩下（陳等，2010）。內灣海域中，又以竹灣海域較為廣大、平靜且水深適中，而成為一天然的養殖港灣（澎湖縣

西嶼鄉公所，2017）。

在台灣所養殖的牡蠣主要為葡萄牙牡蠣 *Crassostrea angulata*，養殖方式有插枝式、垂下式、竹筏式、延繩式等4種，早期的牡蠣養殖主要以插枝式、垂下式為主，後來因沿岸汙染嚴重，而慢慢轉為較外海的竹筏式與延繩式，在澎湖地區主要盛行延繩式牡蠣養殖是因內灣海域風浪較小且場地較大（陳等，2010）。

牡蠣可透過濾食淨化海水，並經由有機合成碳酸鈣達到固碳的作用，在海洋生態系中提供很高的「生態服務」價值，而於蚵棚聚生的牡蠣，則為許多海洋生物棲息與覓食的場所，使海岸線得以穩定（蕭

等, 2011)。所謂的生態服務指的是群聚具有相當高的生產力, 提供給許多初級消費者食物來源, 而徐(2013)提及藻礁可將游離之鈣離子固定, 在經由生長後形成碳酸鈣(CaCO_3)。藻礁構成的複雜立體多孔隙結構能為許多不同種類之底棲生物躲藏以作為棲地之用(Steller et al., 2003; 徐, 2013); 相同還有利用具有多層次的立體空間人工藻場, 作為底棲生物躲藏的還有洗(2019)研究附著中國半葉馬尾藻*Sargassum hemiphyllum* var. *chinense*藻苗之藻繩增加海洋生物棲息環境場域, 對漁業生物誘集的效益相當高。藻繩甚至可以作為新型放流遠海梭子蟹之利用(澎湖海洋生物研究中心, 2020)可見多層次的立體空間也可應用於養殖方面上。

由上述得知, 立體多孔隙結構以及多層次的立體空間之空間利用對於海洋生物幼苗可提供相當的棲息與成長的環境並達到生物誘集之效益, 也藉此成為一個小型生態系。本研究的牡蠣串上的牡蠣與牡蠣之間存在許多縫隙, 這些縫隙除了可以增加牡蠣的濾食作用外還可以提供大部分生物無論是成體或幼生躲藏以及成長之環境, 對於周遭海洋生態中的生物提供了避風港。

目前對於牡蠣之研究, 大多注重於幼生發育觀察、附苗基質、密度、淡水浴、疾病、附著物等(許與陳, 1989; 陳等, 2017; 鄧等, 2017; 簡等, 2018)。其中根據許與陳(1989)於附著物的研究中顯示出附著生物彼此間是具交互作用的, 上層靠近水面之生物, 易受溫度影響, 在水表層水溫變化明顯且劇烈生活的生物, 是需要

能容忍這種快速變化的, 而水流與水沫也集中於此, 生物亦須能耐得住水流衝擊, 多以水螅為主。另外, 簡等(2018)發現養殖密度高會使扁蟲大量聚集。

本研究目的為了瞭解延繩式養殖牡蠣串上的物種組成進而探討其作為海洋生物幼生的育苗場以及牡蠣串周遭所形成之小型生態系, 調查選定竹灣海域作為採樣地點, 並以螺貝類、頭足類、甲殼類、魚類等為主要之採集對象, 希望可建立基礎資料, 有助於日後海洋資源之管理與應用。

材料與方法

一、採樣時間、地點、頻率及方法

(一) 採樣時間

研究期間為2018年7月、8月及2019年的7月、8月, 分別為5: 00-9: 00及15: 00-17: 00。

(二) 採樣地點

位於澎湖縣西嶼鄉竹灣港, 自港口向海外海延伸約300-1000公尺的延繩式牡蠣串(23.625926°E, 119.521558°N)(圖版2)。

(三) 採樣頻率

為配合蚵農收成時間及判斷累計採樣曲線, 因此2018年為17次; 2019年為8次。

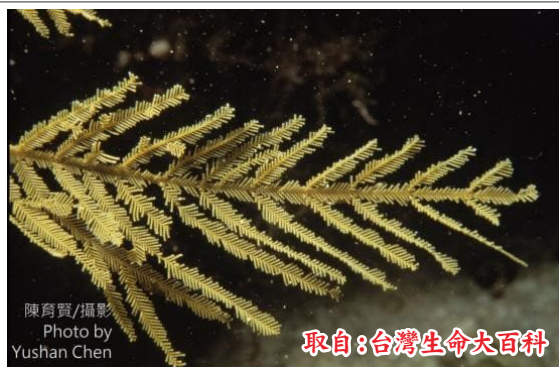
(四) 採樣方法

為將牡蠣串拉上竹筏, 此時以徒手採集掉落於船板與附著於牡蠣串上之生物, 並將之放置於水桶, 以便回到港口後, 進行紀錄。

二、樣本處理與鑑定

(一) 紀錄方法

以數位防水相機(Olympus Stylus TG-4



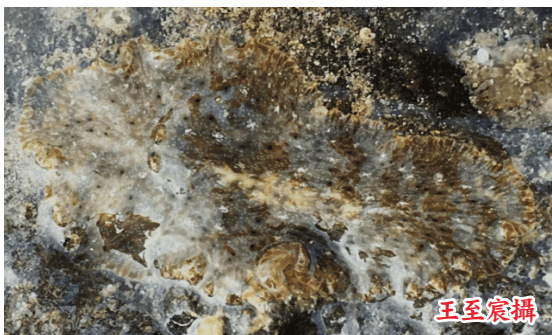
a. 柏狀羽螅
Aglaophenia cupressina #



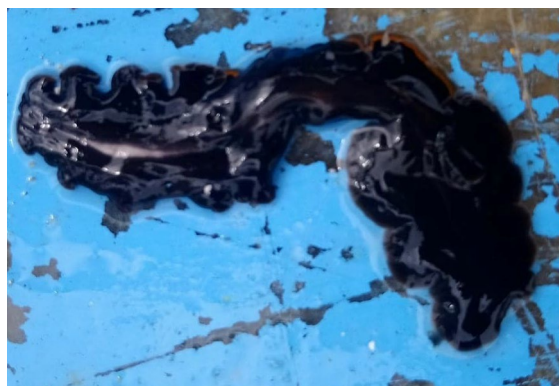
b. 白羽鞘水螅
Aglaophenia whiteleggei #



c. 大盤扁蟲 *Discoplana gigas* #



d. 網平渦蟲 *Planocera reticulata* #



e. 橙緣美麗海扁蟲
Calliplana marginata



f. 齒輪鐘螺 *Trochus sacellus*

圖版2. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種
#:目視紀錄

a. 毛法螺 *Cymatium pileare*b. 花麥螺 *Pyrene scripta*c. 長蛸 *Octopus variabilis*d. 綠殼菜蛤 *Perna viridis*e. 黑蝶珍珠蛤 *Pinctada margaritifera*f. 牛角江瑤蛤 *Atrina pectinata*

圖版2-2. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種



a. 尖角江瑤蛤 *Pinna muricata*



b. 旗幟江瑤蛤 *Atrina vexillum*



c. 沙蠶的一種 *Nereis* sp.



d. 模里西斯鎧甲蝦 *Galathea mauritiana*



e. 銳齒蟬 *Charybdis acuta* #
取自：澎湖的蟹類



f. 近親蟬 *Charybdis affinis*

圖版2-3. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種
#:目視紀錄



a. 安汶蟬 *Charybdis amboinensis*



b. 善泳蟬 *Charybdis natator*



c. 東方蟬 *Charybdis orientalis*



d. 底棲短槳蟹 *Thalamita prymna*



e. 雙額短槳蟹 *Thalamita sima*

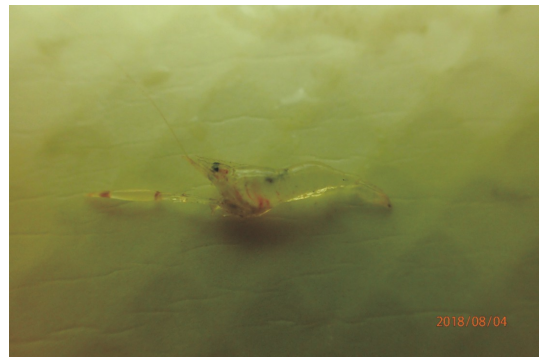


f. 皺紋花瓣蟹 *Liomera rugata*

圖版2-4. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種



a. 印痕新近扇蟹 *Neoxanthias impressus*



b. 岩蝦的一種 *Pariclimenes* sp.



c. 短脊槍蝦 *Alpheus brevicristatus*



d. 日本龍蝦 *Panulirus japonicus*



e. 錦繡龍蝦 *Panulirus ornatus*



f. 矛形岩瓷蟹 *Petrolisthes hastatus*

圖版2-5. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種



a. 平背蜞 *Gaetice depressus*



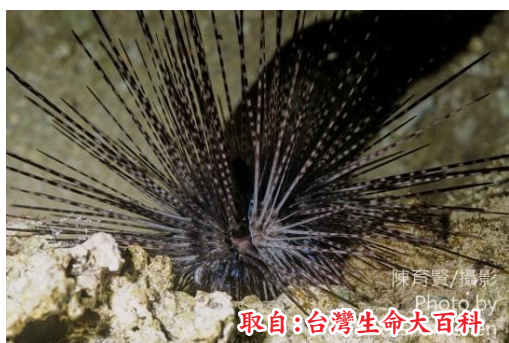
b. 扁跳蝦 *Orchestia platensis*



c. 史氏指蝦蛄 *Gonodactylus smithii*



d. 冠棘真頭帕海膽 *Eucidaris metularia* #



e. 沙氏冠海膽 *Diadema savignyi* #



f. 刺冠海膽 *Diadema setosum* #

圖版2-6. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種
#:目視紀錄



a.環棘刺海膽 *Echinothrix calamaris* #



b.斑點毒棘海膽 *Pseudoboletia maculata* #



c.白棘三列海膽 *Tripneustes gratilla*



d.鉛筆海膽 *Heterocentrotus mammillatus* #



e. 三齒躉魚 *Phrynelox tridons*



f. 青石斑魚 *Epinephelus awoara*

圖版2-7. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種
#:目視紀錄



a. 點帶石斑魚 *Epinephelus coioides*



b. 玳瑁石斑魚 *Epinephelus quoyanus*



c. 六線雞魚 *Pelates sexlineatus*



d. 短頭跳岩鰻 *Petroscirtes breviceps*



e. 褐籃子魚 *Siganus fuscescens*



f. 中華單棘魨 *Monacanthus chinensis*

圖版2-8. 澎湖竹灣牡蠣串上採獲物種

Tough)進行拍照紀錄物種之體色與外觀形態特徵，並記錄種類與數量，最後帶回實驗室製成標本。

(二) 樣本處理

帶回之物種浸泡保存於95%酒精中，並以標籤紙標示物種學名、採樣時間、地點，將其貼上對應之標本瓶，以便日後尋找及辨識。鑑定方法為參閱各式圖鑑及文獻（何，1994；李與陳，1994；洗與鄭，2005；彼得•當斯，1996；施等，2010；陳與游，1993；陳，2001；陳，2003；黃與游，1997；賴，2005；中央研究院，2001；中央研究院數位文化中心&中央研究院生物多樣性研究中心，2001；Keiji et al., 2009）以確認物種名稱。

三、數據分析

(一) 累計採獲曲線

黃(2012)指出採獲曲線開始平緩為一判斷採樣次數的依據，表示已採獲大多數種類，以此可推斷出較有代表性的採樣頻

率。

(二) 採獲種類組成

依照生物分類法對所有物種進行排序與表列，以顯示出延繩養殖牡蠣之生物相組成，並計算物種數量。

(三) 採獲頻率分析

參考前人研究（廖，2017）將採獲頻率分為以下四大類：

1. 經常漁獲種類(Very common)：調查期間內物種出現的次數佔採樣次數的80%以上。
2. 一般漁獲種類(Common)：調查期間內物種出現的次數佔採樣次數的50%-79%。
3. 少見漁獲種類(Rare)：調查期間內物種出現的次數佔採樣次數的11%-49%。
4. 稀有漁獲種類(Scarce)：調查期間內物種出現的次數佔採樣次數的10%以下。

公式：採獲頻率 = 物種出現次數 / 採集次數（四捨五入法至小數點後第2位）× 100%。

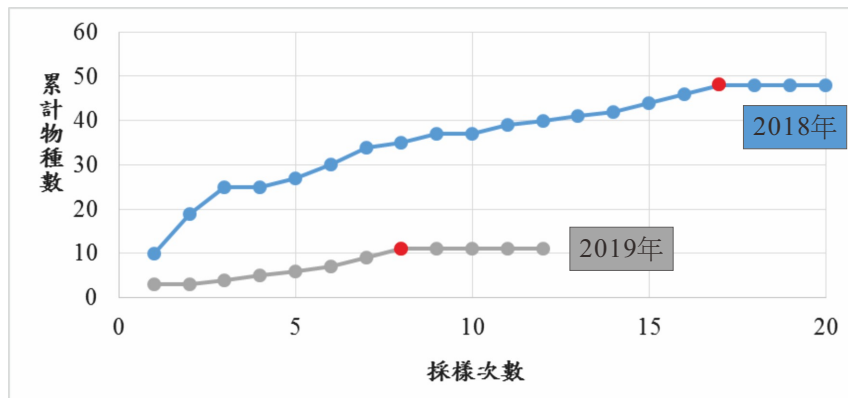


圖1. 累計採獲曲線。

表1. 2018年竹灣海域延繩養殖牡蠣串採獲之生物列表

Cnidaria	Mollusca	Arthropoda	Arthropoda	Chordata
Aglaopheniidae <i>Aglaophenia cupressina</i> ** <i>Aglaophenia whitelegget</i> ** Total: 2 species, 1 genus, 1 family	Octopodidae <i>Octopus variabilis</i> *** Mytilidae <i>Perna viridis</i> * Pteriidae <i>Pinctada margaritifera</i> * Pinnidae <i>Atrina pectinata</i> ** <i>Perna muricata</i> ** <i>Streptopinna saccata</i> * Total: 9 species, 9 genera, 7 families	<i>Charybdis lucifera</i> ** <i>Charybdis natator</i> ** <i>Charybdis orientalis</i> *** <i>Thalamita pyrama</i> **** <i>Thalamita sima</i> *** Xanthidae <i>Lionera rugata</i> * <i>Neoxanthus impressus</i> * Palaeonidae <i>Pariclimenes</i> sp.** Alpheidae <i>Alpheus brevicristatus</i> ** Palinuridae <i>Panulirus japonicus</i> ** <i>Panulirus ornatus</i> * Porcellanidae <i>Porolithes hastatus</i> * Grapsidae <i>Gaetice depressus</i> ** Talitridae <i>Ochestia platensis</i> ** Gonodactylidae <i>Gonodactylus smithi</i> **	Total: 19 species, 12 genera, 10 families Echinodermata Cidaridae <i>Eucidaris metularia</i> * Diademidae <i>Diadema savignyi</i> * <i>Diadema setosum</i> ** <i>Echinolirix calamaris</i> ** Toxopneustidae <i>Pseudoboletia maculata</i> ** <i>Tripaneustes grailla</i> ** Echinometridae <i>Heterocentrotus mammillatus</i> * Total: 7 species, 6 genera, 4 families	Antennariidae <i>Phrynelox tridons</i> * Serranidae <i>Epinephelus awoara</i> * <i>Epinephelus coioides</i> ** <i>Epinephelus quoyanus</i> ** Teraponidae <i>Pelates sexlineatus</i> ** Blenniidae <i>Petroscirtes breviceps</i> ** Siganidae <i>Siganus fuscescens</i> ** Monacanthidae <i>Monacanthus chinensis</i> * Total: 8 species, 6 genera, 5 families
Mollusca Trochidae <i>Trochus sacellus</i> ** Cymatidae <i>Cymatium pileare</i> ** Columbellidae <i>Pyrene scripta</i> **	Arthropoda Galatheididae <i>Galathea mauritiana</i> ** Portunidae <i>Charybdis acuta</i> * <i>Charybdis affinis</i> * <i>Charybdis amboinensis</i> **			

(****: 經常漁獲種類、***: 一般漁獲種類、** : 少見漁獲種類、* : 稀有漁獲種類)

表2. 2019年竹灣海域延繩養殖牡蠣串採獲之生物列表

(****：經常漁獲種類、***：一般漁獲種類、**：少見漁獲種類、*：稀有漁獲種類)

Platyhelminthes	Arthropoda
Leptoplanidae <i>Discoplana gigas</i> ** Total: 1 species, 1 genus, 1 family	Talitridae <i>Orchestia platensis</i> ** Total: 5 species, 4 genera, 3 families
Mollusca	Chordata
Trochidae <i>Trochus sacellus</i> ** Columbellidae <i>Pyrene scripta</i> ** Octopodidae <i>Octopus variabilis</i> ** Total: 3 species, 3 genera, 3 families	Serranidae <i>Epinephelus awoara</i> ** Siganidae <i>Siganus fuscescens</i> ** Total: 2 species, 2 genera, 2 families
Arthropoda	
Portunidae <i>Charybdis amboinensis</i> ** <i>Charybdis lucifera</i> ** <i>Thalamita sima</i> *** Alpheidae <i>Alpheus brevicristatus</i> *	

結果

一、累計採獲曲線

2018年7、8月的採樣，於第17次時，坡度已明顯趨於平緩，往後的3次採樣中均未再發現新物種；而隔年2019年7、8月的採

樣，僅於第8次時，坡度就已明顯趨於平緩，往後的4次採樣中均未再發現新物種（圖1）。

二、採獲物種的組成

(一) 2018年

2018年共進行20次採樣，平均海溫為

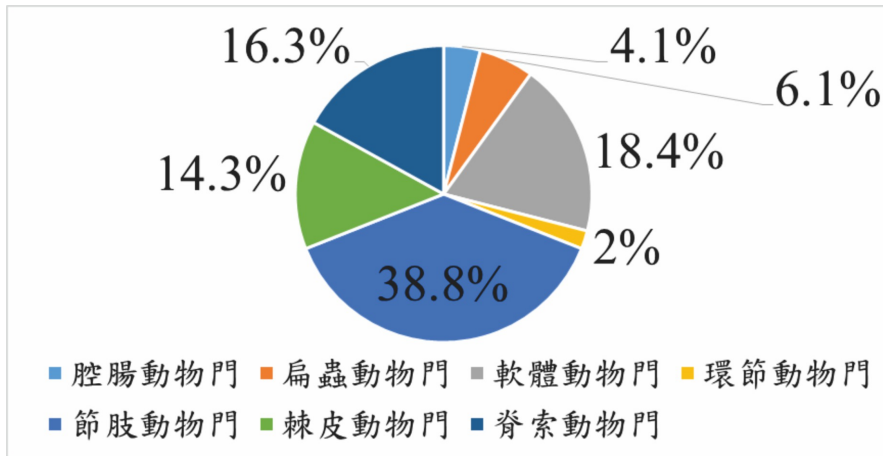


圖2. 2018年澎湖竹灣海域延繩養殖牡蠣串各動物門比例。

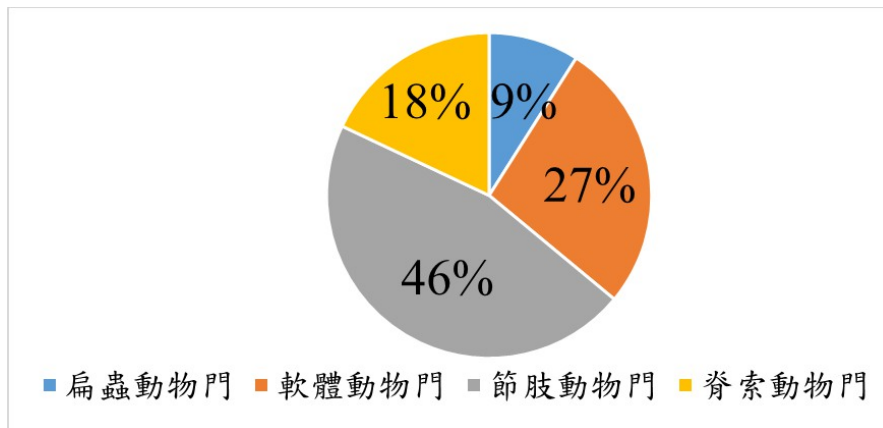


圖3. 2019年澎湖竹灣海域延繩養殖牡蠣串各動物門比例。

28.6°C (澎湖氣象站, 2019)。共採獲7門32科38屬49種生物 (表1)，上述生物分別有腔腸動物門Cnidaria、扁蟲動物門Platyhelminthes、軟體動物門Mollusca、環節動物門Annelida、節肢動物門Arthropoda、棘皮動物門Echinodermata、脊索動物門Chordata，其中以節肢動物門為

最多，共計10科12屬19種，佔38.8%；而環節動物門則為最少，僅1科1屬1種，佔2%。

(二) 2019年

2019年則進行12次採樣，平均海溫為28.5°C (澎湖氣象站, 2019)。共採獲4門9科10屬11種生物 (表2)，上述生物分別有扁蟲動物門、軟體動物門、節肢動物門、

脊索動物門，其中以節肢動物門為最多共3科4屬5種，共佔46%；而扁蟲動物門則為最少，為1科1屬1種，佔9%（圖3）。這些種類均出現於2018年的採樣記錄中。

三、採獲頻率分析

(一) 2018年

1. 經常漁獲種類

共有1門1科1屬1種，佔所有物種的2%，分別為節肢動物門中的底棲短槳蟹 *Thalamita prymna*。

2. 一般漁獲種類

共有2門2科2屬3種，佔所有物種的6%，分別為軟體動物門中的長蛸 *Octopus variabilis*；節肢動物門中的東方螳 *Charybdis orientalis* 以及雙額短槳蟹 *T. sima*。

3. 少見漁獲種類

共有7門22科26屬30種，佔所有物種數的61%，分別為腔腸動物門的柏狀羽螅 *Aglaophenia cupressina*與白羽鞘水螅 *A. whiteleggei*；扁蟲動物門的大盤扁蟲 *Discoplana gigas*、網平渦蟲 *Planocera reticulata*、橙緣美麗海扁蟲 *Calliplana marginata*；軟體動物門中的齒輪鐘螺 *Trochus sacellus*、毛法螺 *Cymatium pileare*、花麥螺 *Pyrene scripta*、牛角江瑤蛤 *Atrina pectinata*、尖角江瑤蛤 *Pinna muricata*；環節動物門中的沙蠶的一種 *Nereis* sp.；節肢動物門中的模里西斯鎧甲蝦 *Galathea mauritiana*、安汶螳 *C. amboinensis*、晶瑩螳 *C. lucifera*、善泳螳 *C.*

natator、岩蝦的一種 *Pariclimenes* sp.、短脊槍蝦 *Alpheus brevicristatus*、日本龍蝦 *Panulirus japonicus*、平背蜆 *Gaetice depressus*、扁跳蝦 *Orchestia platensis*、史氏指蝦蛄 *Gonodactylus smithii*；棘皮動物門中的刺冠海膽 *Diadema setosum*、環刺棘海膽 *Echinothrix calamaris*、斑點毒棘海膽 *Pseudoboletia maculata*、白棘三列海膽 *Tripneustes gratilla*；脊索動物門中的點帶石斑魚 *Epinephelus coioides*、玳瑁石斑魚 *E. quoyanus*、六線雞魚 *Pelates sexlineatus*、短頭跳岩鰩 *Petroscirtes breviceps*、褐籃子魚 *Siganus fuscescens*。

4. 稀有漁獲種類

共有4門13科14屬15種，佔所有物種的31%，分別為軟體動物門的綠殼菜蛤 *Perna viridis*、黑蝶珍珠蛤 *Pinctada margaritifera*、旗幟江瑤蛤 *Streptopinna saccata*；節肢動物門的銳齒螳 *C. acuta*、近親螳 *C. affinis*、皺紋花瓣蟹 *Liomera rugata*、印痕新近扇蟹 *Neoxanthias impressus*、錦繡龍蝦 *P. ornatus*、矛形岩瓷蟹 *Petrolisthes hastatus*；棘皮動物門的冠棘真頭帕海膽 *Eucidaris metularia*、沙氏冠海膽 *D. savignyi*、鉛筆海膽 *Heterocentrotus mammillatus*；脊索動物門中的三齒躉魚 *Phrynelox tridons*、青石斑魚 *E. awoara*、中華單棘魷 *Monacanthus chinensis*。

(二) 2019年

1. 經常漁獲種類

無採獲經常漁獲種類。

2. 一般漁獲種類

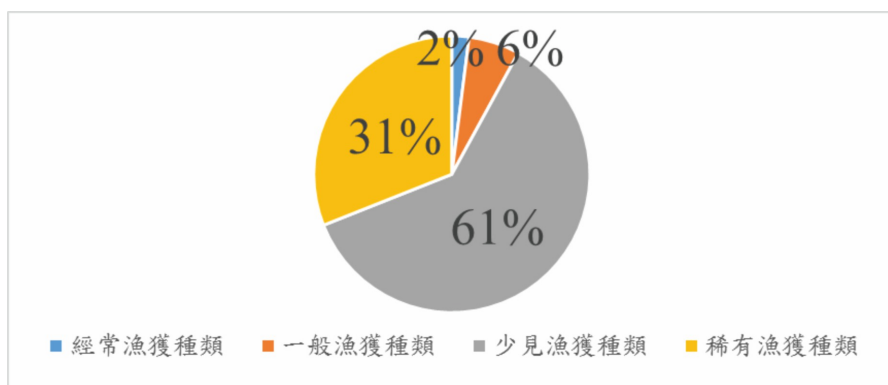


圖4. 2018年澎湖竹灣海域延繩養殖牡蠣串生物採獲頻率分析。

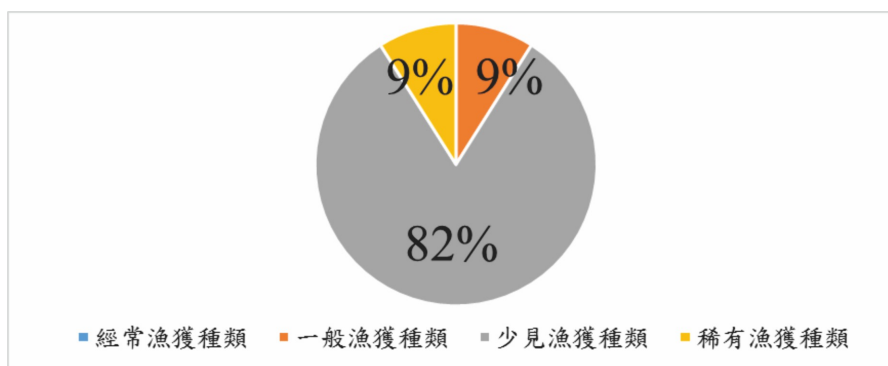


圖5. 2019年澎湖竹灣海域延繩養殖牡蠣串生物採獲頻率分析。

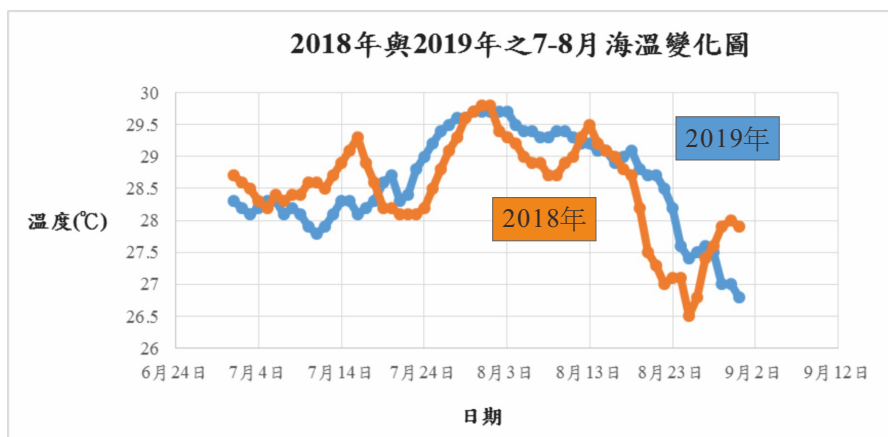


圖6. 2018年與2019年的7-8月海溫圖。

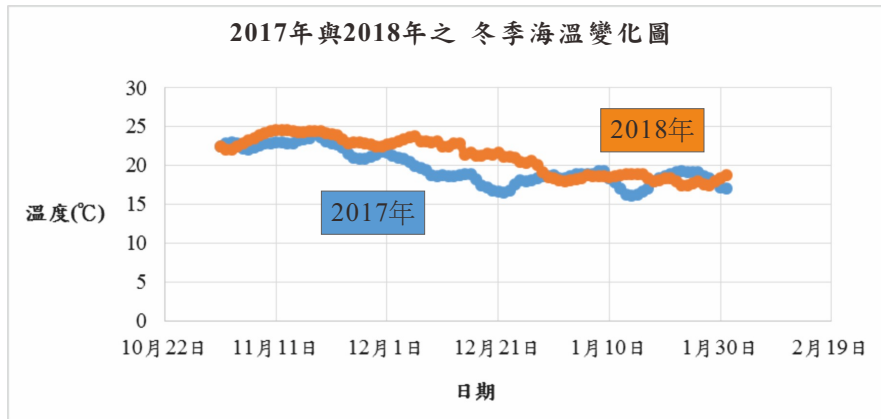


圖7. 2017年與2018年的冬季海溫圖。

共有1門1科1屬1種，佔所有物種的9%，為節肢動物門中的雙額短槳蟹 *T. sima*。

3. 少見漁獲種類

共有4門8科9屬9種，佔所有物種的82%，分別為扁蟲動物門中的大盤扁蟲 *D. gigas*；軟體動物門中的長蛸 *O. variabilis*、齒輪鐘螺 *T. sacellus*、花麥螺 *P. scripta*；節肢動物門中的安汶蟬 *C. amboinensis*、晶瑩蟬 *C. lucifera*、扁跳蝦 *O. platensis*；脊索動物門中的褐籃子魚 *S. fuscescens*、青石斑魚 *E. awoara*。

4. 稀有漁獲種類

共有1門1科1屬1種，佔所有物種的9%，為節肢動物門中的短脊槍蝦 *A. brevicristatus*。

討論

一、採獲頻率分析探討

本調查依2018年的採獲頻率結果分為

經常、一般、少見、稀有等四類漁獲種類，但以少見漁獲種類為最多，佔61%；次之為稀有漁獲種類，佔31%；而一般漁獲種類，佔6%；經常漁獲種類則為最少，佔2%（圖4）；而2019年僅一般、少見及稀有漁獲三類，仍以少見漁獲種類為最多，佔82%；次之同為一般與稀有漁獲種類，均佔9%（圖5）。

可知，生物相的組成以少見與稀有漁獲種類為主。根據多樣性-穩定性假說 (diversity-stability hypothesis)，一個種數越高的生態系統，透過種間的交互作用，表現出較高的生產力，能量的使用效率亦高，對於外來的干擾也具有較強的緩衝力，亦即生物多樣性高，則系統穩定性高（廖與周，2000）。

另外，透過上述得知，少見與稀有物種的種類數為未來採樣得以參考的重要指標，倘若在未來的採樣中，觀察到少見與稀有漁獲種類所佔比例下降，則表示生態系中的物種不如以往多元，物種間的可取代性也不高，生態系的穩定性相對較低。

本調查探討2018與2019年數據具差異之因素有二：一為冬季海溫相異。大型藻類由於環境中的水溫，光週期...等環境因子呈現「季節性」變化，且多以冬、春兩季為生長繁盛期（曾等，2005；曾等，2006），這些大型藻在春末夏初逐漸死亡後釋放出的有機碎屑及營養鹽，將影響春夏間浮游動、植物的生長。而浮游藻類屬初級生產者，因此浮游藻類的豐度變化影響著海洋漁業資源，及其可透過溶解有機質傳遞到後生動物食物網，進而影響後續海域的生產力（李與范，2005），因此冬季大型藻生長越旺盛，越可累積更多的營養鹽。以本調查的結果觀之，2018年與2019年的7-8月海溫（圖6），雖無明顯差異，但由該2年的冬季海溫（圖7）可得知兩年的溫差甚至可達3.5- 4°C；由李等（2009）在2008年澎湖寒害調查數據中得知2008年2月的澎湖水域水溫較前12年（1996-2007年）低了7°C，並發現大型藻如礁膜 *Monostroma nitidum*、石蓴 *Ulva lactuca*、石髮 *Ulva* spp.等，因當年冬季持續的低溫造成當年生物量倍增，而2009與2008年相較下即因海水回歸正常導致生物量明顯減少。另外，方等（2002）在2001年與2002年的海藻覆蓋率調查中，發現2002年覆蓋率低於2001年，推測是2002年之月平均氣溫較往年為高所致。其次為，捕食浮游動物的掠食者減少可能也有些許關係，如李等（2009）提到2008年3月過後澎湖內灣海域的浮游動物個體數量高達670,003 ind./1000m³，並推測可能是因寒潮之後捕食浮游動物的族群死亡所導致。綜上所

述，推測本研究調查年度中，2018年的低水溫使大型藻類大量生長且可能造成部分浮游動物之掠食者減少，因此造成2018年夏季（經歷較低溫的冬季）的物種數高於2019年夏季（經歷較高溫冬季）的主因。

二、生物聚集原因之探討

廣大的大洋缺乏可依附、潛居或躲藏之物體；而海域內的牡蠣串，相較於前者，則屬較易生活的地方（Alastair et al., 2004）。依據本研究於採樣時的觀察，將生物依據聚集之原因大致分為覓食及掩蔽。以下將進行說明。

（一）無脊椎動物

1. 腔腸動物門

本次採集共計1科1屬2種。其中柏狀羽螅 *A. cupressina*，以觸手捕捉浮游動物為食，其群體上常有蜘蛛蟹科的箭蟹 (*Hyastenus bispinosus*) 或藻蝦 (*Hippolyte* sp.) 和疣蛇尾 (*Ophiothela* sp.) 共生，天敵為海蛞蝓 *Doto ussi*（陳，2014）

2. 扁蟲動物門

本次採集共計3科3屬3種。僅發現嗜食牡蠣的扁蟲但未發現蚵螺 *Thais clavigera*，陳等（2019）提及澎湖與臺灣西部沿海的養殖牡蠣其差異在於養殖深度與環境不同，扁蟲因為日照關係、潮汐、表水層水溫導致大量出現，而蕭等（2013）提及蚵螺 *T. clavigera* 可耐潮差與乾燥之環境，推測此為未採集到蚵螺 *T. clavigera* 原因之一。

3. 軟體動物門

本次採集共計7科9屬9種。二枚貝會選擇合宜之環境，以足絲附著於硬物或石

縫，貝殼與固著基底合為一體，不再移動，屬終生固著型，進行濾食行為（行政院農業委員會，2012）。特別的是，江瑤蛤科的物種普遍生長於沙底中（陳，2003），不過採集中發現江瑤蛤會以足絲附於牡蠣串上。另外高階的掠食者如長蛸 *O. variabilis*，章魚會將八條腕伸進岩石縫隙中主要捕食甲殼類、軟體動物和魚類，而陽隧足動物、多毛類動物等其他動物皆是章魚的食物(Nixon, 1987; 伯爾尼, 2002; López-Uriarte et al., 2008)。

4. 環節動物門

本次採集共計1科1屬1種。常發現於沙子的洞穴中或與棲息於貽貝和藤壺當中，沙蠶屬的吻部具有顎齒可捕食獵物(Woodin, 1977)。伯爾尼(2002)也提到多毛類喜生活在永久的管子或洞穴之中，除可躲避天敵外，亦可透過其修長且柔軟的身體，向管外或洞外收集任何可以吃的東西為食。

5. 節肢動物門

本次採集共計10科12屬19種。

十足目：

依其腹部形態分為長尾類、短尾類、異尾類，以下分別介紹：

長尾類：龍蝦科共計1屬2種。龍蝦喜歡藏身在岩礁的洞隙中，晝伏夜出（游等，1996）。牡蠣間的凹槽、縫隙對於小龍蝦而言，不僅可以藏身，避免被天敵捕食，亦可於這些凹槽、縫隙中尋找食物（螺貝類等），甚至體型較小的牡蠣，也可做為龍蝦的食物。

短尾類：梭子蟹科的種類為肉食性或雜食性，其螯腳掌節較為粗壯，指節呈交

叉狀，可降低獵物脫逃的機會；扇蟹科的種類指節末端大都為匙狀，可藉以刮食藻類或有機碎屑。

異尾類：岩瓷蟹具1對粗壯的大螯，而第3顎足特化成具網狀結構可以濾食浮游生物及有機碎屑，除濾食外岩瓷蟹也會以大螯攝食食物；鎧甲蝦其身體縱扁且腹部伸長並有一對大螯，時常被認為是長尾類的蝦類，但其第5步足與岩瓷蟹相同萎縮退化。

口足目：

蝦蛄依其第2顎足所特化之大鉗型態，可大概分為鐮刀型與垂直型。本次採集僅採到1種指蝦蛄屬的垂直型史氏指蝦蛄 *G. smithii*，此類型蝦蛄大都以特化之棒槌型第2顎足敲擊獵物進行獵食行為。

6. 棘皮動物門

本次採集共計4科6屬7種。

毒棘海膽科 *Toxopneustidae* 與冠海膽科 *Diadematidae* 之物種；兩者會攝食附著其上的藻類與小型附著生物（中央研究院，2007）。

(二) 脊椎動物

1. 脊索動物門

本次採集共計5科6屬8種。

鰐魚科：僅有1種，三齒鰐魚 *P. tridons* 其胸鰭特化成臂狀可用於海底爬行，頭頂上還有第1背鰭棘所特化的吻觸手，其頂端還有發達的餌球，猶如釣竿一樣可以誘騙小魚靠近並吞食。

鮎科：具有1屬3種。石斑魚性情兇猛會獵食礁區的生物，於生態系中屬較高等的生物。

鰻科：僅1種，六線雞魚 *P.*

*sexlineatus*屬肉食性魚類，常以小魚、甲殼類、多毛類為食。

鰯科：僅1種，短頭跳岩鰯 *P. breviceps* 以藻類、碎屑和小型無脊椎動物為食，雄魚會使用貝殼來築巢，甚至使用圓口的空罐。（中央研究院數位文化中心 & 中央研究院生物多樣性研究中心，2001）。

藍子魚科：僅1種，褐藍子魚 *S. fuscescens*：具群居性，屬雜食性偏藻食性，亦會食用無脊椎動物跟甲殼類。採集時常可觀察到成群包圍牡蠣串，啄食牡蠣串上表面的附著生物。

單棘魷科：僅1種，中華單棘魷 *M. chinensis*，受驚嚇時會以背棘上之大棘卡於石縫中避免攻擊，其牙齒堅硬，常以貝類、小型甲殼類為食，有時也會以藻類或小鱼為食。

牡蠣串上表面皆充滿附著藻與小型附著生物，這些附著藻與小型附著生物吸引著肉食性、藻食性、雜食性者前來攝食，進而吸引更大型肉食性者前來掠食，形成一食物鏈。例如，採樣時發現，一串牡蠣串(2.0± 0.5m)，最多可採集到4-5顆毒棘海膽科 *Toxopneustidae* 與冠海膽科 *Diadematidae* 之物種；兩者會攝食附著其上的藻類與小型附著生物（中央研究院，2007），本研究亦採獲大量短槳蟹，一串牡蠣串採獲的數量可高達20隻，推測冠海膽科的數量多寡，可能也是短槳蟹選擇棲息的誘因之一。而牡蠣串上的空殼或凹槽，恰符合以上這些生物所喜愛的棲身之所，除可避敵外，亦可確保食物的穩定量。例如二枚貝中以江瑤蛤科 *Pinnidae* 為最

多，這些殼薄的二枚貝以足絲附著於牡蠣間的凹槽、縫隙，藉牡蠣的厚殼得到較佳的掩蔽，同時可順利進行濾食。

而本調查之牡蠣串養殖時間由每年9-10至隔年8-10月，總養殖時間約為11-12個月。對於大部分物種皆未到達其成熟體型，所採集的大部分生物體型尚小，推測是因牡蠣串養殖時間僅約莫1年導致，時間短未能使大部分生物生長至性成熟的體型。而每種物種由浮游階段(meroplankton)至底棲階段的時間不一，依附於牡蠣串的時間皆不相同，因此本調查僅以覓食或掩蔽作為棲息的大概依據。除此之外，亦有許多原因使其依附於牡蠣串上或是周圍環境，例如：生殖等諸多原因，皆會是誘集生物生活於此的可能因素，如未來能以長時間觀察牡蠣串之生物相變化，對於海洋環境資源保育會有所幫助。

唯本調查可惜之處為以下：

1. 未能完整記錄牡蠣串養殖過程生物相之時空變化，僅有2018、2019兩年7-8月之紀錄。
2. 未記錄到於牡蠣串周圍環境停留或短暫停留之大型掠食者。
3. 採集之生物體型小或是未達成熟體型，鑑種難度十分高。
4. 未記錄到生物與生物之間的共生行為，若有，則能使物種數更豐富。很多海洋生物彼此會有共棲關係，例如短腕岩蝦 *Periclimenes brevicarpalis*、白斑拖蝦 *Thor amboiensis*、以及紅斑新岩瓷蟹 *Neopetrolisthes maculatus* 等常與大型海葵共生；魔鬼海膽則會有海膽針蝦

Stegopontonia commensalis、固著性的櫛水母*Coeloplana bannwarthi*、裸掌盾牌蟹*Percnon planissimum*、天竺鯛Apogonidae幼魚與其共生或藉以掩蔽掠食者(黃, 2015)。另外, 中華蚶豆蟹*Arcotheres sinensis*與牡蠣共棲且比例可達10%, 而雄性多具游泳功能可自由進出不同的宿主(Christensen and McDermott, 1958; 陳, 2008) 因此牡蠣串有一定的機率會採集到雄蟹。而李(2019)甚至發現中華蚶豆蟹*A. sinensis*腹甲內也會住著中華淺鰓虱 *Rhopalione sinensis*。因此除了生物與生物的共生行為外, 在這之中還有存在寄生關係。Pontonine shrimps時常會與很多海洋生物共棲, 如多孔動物門Porifera、腔腸動物門、軟體動物門、棘皮動物門、被囊動物亞門Tunicata (Miyake and Fujino, 1967; Lee and Ko, 2013), 而Lee and Ko (2013)所發表的*Conchodytes nipponensis*會與牛角江瑤蛤*A. pectinata*共棲, 但本調查未檢視江瑤蛤殼內部, 因此未有數據。

經本調查結果可得知牡蠣串之生物相豐富, 而於長期浸泡於海水中的牡蠣串中, 除了為生物提供掩蔽物之外還提供大量食物來源, 儼然成為一小型生態系, 顯見牡蠣串的功能對生物誘集具有正面的效益, 使生物相走向多元化, 相信對於海洋生物棲息環境場域具有一定的影響力, 雖目前對於牡蠣串生物相的相關研究可能不及珊瑚礁、藻礁眾多, 但如未來有更深入的相關研究, 或許會發現牡蠣串之生態服務功能與珊瑚礁、藻礁相同具有一定的價

值。而與牡蠣串相同以繩索掛於海面上作為藻床的藻繩, 如洗(2019)利用中國半葉馬尾藻進行大型藻藻床之利用, 發現藻床的多層次的立體空間及依附性的生物, 可以誘集許多甲殼類、螺類, 以及多種魚類之幼魚覓食及棲息於周圍。未來如欲增加海洋生物棲息環境場域以豐富漁業資源, 或許在養殖經濟與永續環境利用之間, 牡蠣串的生態服務可以達到沿近海資源復育之利用。

參考文獻

- 中央研究院。2001。台灣貝類資料庫。取自<http://shell.sinica.edu.tw/>。
- 中央研究院。2007。台灣生命大百科。取自<http://taicol.tw/>。
- 中央研究院數位文化中心&中央研究院生物多樣性研究中心。2001。台灣魚類資料庫。取自<http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/home.php>
- 方力行、張文炳、呂明毅、林綉美、孟培傑、張秋月。2002。澎湖尖山發電計畫環境監測生態調查 178頁。台灣電力股份有限公司。
- 王進旺。2010。台灣海洋 86-89頁。行政院海岸巡防署。
- 行政院農業委員會。2012。經濟性螺貝類主題館。取自<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=716386&ctNode=8181&mp=1&kpi=0&hashid=>
- 何平和。1994。台灣產扇蟹類之分類與分部研究116-117頁。國立臺灣海洋大學

- 漁業科學研究所博士學位論文。
- 李坤瑄、陳章波。1994。台灣常見的棘皮動物36-37、40-45、48-49、52-53、60-61頁。國立海洋生物博物館。
- 李坤瑄。2019。虱虱不只兩種—臺灣奇特的等足類動物。國立自然科學博物館館訊384: 1-7。
- 李冠國、范振剛。2005。海洋生態學284-286、320頁。藝軒圖書出版社。
- 李明安、李國添、周宏農、邵廣昭、曾建璋、鄭明修。2009。澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測及預警體制之建立1-246頁。行政院農業委員會98年度科技計畫研究報告。
- 冼宜樂、鄭明修。2005。澎湖的蟹類96、101、106-107、188頁。行政院農業委員會水產試驗所。
- 冼宜樂。2019。大型海藻藻床形成之研究1-4頁。行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心
- 彼得·當斯。1996。貝殼圖鑑 215頁。貓頭鷹出版社股份有限公司。
- 施志昀、林家和、賴志威。2010。沿著海岸線走-澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑35-36、68、88、92、103、108-109、128、154頁。澎湖縣政府文化局。
- 徐顯富。2013。桃園藻礁底棲無脊椎動物群集的時空變化 1-6、50-57頁。國立中興大學生命科學系碩士學位論文。
- 許慧文、陳章波。1989。牡蠣附著動物之研究。農委會漁業特刊17: 23、25、31、39。行政院農業委員會漁業處。
- 陳天任、游祥平。1993。原色台灣龍蝦圖鑑136-150頁。南天書局有限公司。
- 陳立瑜。2014。國立東華大學校園蛙類資源調查4-5頁。國立東華大學自然資源與環境學系報告書範例。
- 陳育賢。2001。海岸生物（一）-台灣潮間帶生物700種（一）102-103、150、170-173、175頁。渡假出版社有限公司。
- 陳育賢。2003。海岸生物（二）-台灣潮間帶生物700種（二）236頁。渡假出版社有限公司。
- 陳岳川、陳律祺、陳銓汶、龔淑仁、鐘金驍、B冼宜樂、B謝恆毅。2019。澎湖牡蠣養殖之概況。水試專訊67: 45-49。行政院農業委員會水產試驗所。
- 陳俊愷、張國楨、施明志。2010。福衛二號影像應用於牡蠣棚架數量估算。航測及遙測學刊15(2): 167-168。國立臺灣師範大學地理學系教師著作。
- 陳奕蓉。2008。台灣產豆蟹科蟹類之分類及親緣關係研究 22-23、43頁。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士學位論文。
- 陳律祺、冼宜樂、鐘金水、林金榮。2016。澎湖內灣海域物種季節組成及多樣性變化之研究。水試專訊55: 4。行政院農業委員會水產試驗所。
- 陳家誠、陳定聖。2017。葡萄牙牡蠣幼生發育觀察與三種基質對眼點幼生附著及剝離影響23頁。國立澎湖科技大學水產養殖系水產資源與養殖學士班學士論文。
- 陳章波。1989。扁蟲防治及振興澎湖牡蠣養殖之建議及展望。農委會漁業特刊

- 17: 46。行政院農業委員會漁業處。
- 曾建璋、施志昀、徐振豐、龔驊穎、江國辰、周立進、蔡昆祐、黃振嘉、吳俊毅、張翊偉、邵子芳、沈佳旻、黃良正、蕭佑虔。2006。澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究（三）20頁。行政院農業委員會漁業署。
- 曾建璋、施志昀、徐振豐、龔驊穎、江國辰、周立進。2005。澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究（二）18頁。行政院農業委員會漁業署。
- 游祥平、鄭明修、陳天任、何平和、施志昀。1996。墾丁國家公園海域及陸域甲殼十足類生物相調查18頁。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 黃哲葦。2012。龜山島周邊漁場大型甲殼類多樣性之研究1- 80頁。國立臺灣海洋大學海洋生物研究所碩士論文。
- 黃榮富、游祥平。1997。台灣產梭子蟹類彩色圖鑑96-97、 112-115、 18-121頁。國立海洋生物博物館籌備處。
- 黃興倬。2015。大房東，小房客—小小海洋共生生物的生存之道。國立自然科學博物館館訊330: 2。
- 廖弘桑。2017。澎湖拖網漁船漁獲大型甲殼類組成與季節變動之研究1-5、 7-8、 9-16、 25-30、 42-49、 52、 54-55、 72-74、 80-81、 88、 93-94頁。國立澎湖科技大學水產養殖系水產資源與養殖碩士班碩士論文。
- 廖啓政、周昌弘。2001。生物多樣性對於生態系統功能的影響。科學發展月刊29(2): 81。
- 澎湖氣象站。2019。中央氣象局海溫逐日逐月平均年報表。交通部中央氣象局。
- 澎湖海洋生物研究中心。2020。水試所開發人工藻場有助於沙蟹放流應用。取自https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=241&s=231321
- 澎湖縣西嶼鄉公所。2017。村里概況介紹。取自<https://www.shiyue.gov.tw/ch/home.jsp?id=42>
- 鄧晶瑩、朱惠真、盧彥伶、劉旭展、許晉榮。2017。雙殼類細菌性疾病研究之探討。水試專訊59: 47-49。
- 蕭聖代、莊世昌、吳繼倫。2011。牡蠣的生態服務。取自<http://www.tfrin.gov.tw/friweb/frieneews/enews0065/s1.html>
- 蕭聖代、莊世昌、吳繼倫。2013。有效去除牡蠣殼上附著生物的新方法。取自<https://www.tfrin.gov.tw/friweb/frieneews/enews0085/t1.html>
- 賴景陽。2005。台灣貝類圖鑑153頁。貓頭鷹出版社。
- 戴維·伯爾尼。2002。動物大探奇31頁。閣林國際圖書有限公司。
- 簡偉丞、汪偉笠、張國亮、古鎮鈞。2018。稚貝密度及淡水浴頻率對海上延繩養殖葡萄牙牡蠣成長的影響20頁。國立澎湖科技大學水產養殖系水產資源與養殖學士班學士論文。
- Alastair, F., H. Martha and B. Andrew. 2004. The Blue Planet: a natural history of the

- oceans. China Times Publishing Comp 45, 48-50, 53, 117-118.
- Christensen, A. M. and J. J. McDermott. 1958. Life-history and biology of the oyster crab, *Pinnotheres ostreum* Say. The Biological Bulletin, Woods Hole, 114: 146- 179.
- Lo'pez-Uriarte, E., E. Ri'os-Jara and M. E. Gonza'lez-Rodri'guez. 2008. Diet and feeding habits of *Octopus hubbsorum* Berry, 1953, in the Central Mexican Pacific. Veliger -Berkeley 51(1):26-42
- Keiji, B., M. Enrique, C-W Lin and T-Y Chan. 2009. Crustacean fauna of Taiwan: Squat lobsters (Chirostylidae and Galatheidae) pp. 115-117. National Taiwan Ocean University.
- Lee, S. H. and H. S. Ko. 2013. The first record of *Conchodytes nipponensis* (De Haan, 1844) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) associated with pen shell *Atrina pectinata* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) from Korea. Journal of Species Research 2(1): 1- 6.
- Miyake, S. and T. Fujino. 1967. On four species of Pontonii-nae (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) found in Porifera inhabiting the coastal regions of Kyushu, Japan. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University 14(2): 275-291.
- Nixon, M. 1987. Cephalopod diet. pp. 201–220 in P. R. Boyle (ed.), Cephalopod life cycles. Comparative reviews, Vol II. Academic press: London.
- Steller, D. L., R. Riosmena-Rodri'guez, M. S. Foster and C. A. Roberts (2003). Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: the importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. Aquatic Conservation 13: 5-20.
- Woodin, S. A. 1977. Algal “gardening” behavior by nereid polychaetes: Effects on soft-bottom community structure. Marine Biology 44: 39-42.