

不同遮光率對於文蛤養殖池底質與大型底棲動物群聚變動之影響

黃元照¹、陳高松²、黃大駿³

¹ 國立成功大學水利與海洋工程研究所、² 水產試驗所企劃資訊組、³ 嘉南藥理大學環境資源管理學系

前言

底棲生物 (benthic fauna, benthos)，泛指生活在水域底質的動物的總稱 (圖 1)。部分物種固著在硬底質環境的表層，例如珊瑚、藤壺及岩牡蠣等生物。當棲息環境受到人為或天然性的突發事件 (全球暖化、海水酸化、寒害及水質污染等) 所影響而改變時，底棲生物大多會受到傷害或是面臨死亡 (珊瑚白化、綠牡蠣等)。棲息在泥沙軟底質的海岸潮間帶底棲生物又可以分為底內生物 (infauna) 和底表生物 (epifauna)，其共同特



圖 1 海岸濕地底質內所混雜的動植物破片碎屑與多毛類動物

徵是成體的移動能力相對較低。因此，生物的種類、數量、群聚結構受到底質有機質含量與粒徑大小等環境特徵高度的影響。

一般而言，底棲生物的分類多以個體大小作為依據。大於 0.5 mm 的個體稱為大型底棲生物 (macrobenthos)，主要優勢種類如多毛類、甲殼類及螺貝類等。該類型生物大多以有機顆粒及碎屑、浮游生物及小型動物為食，然後再轉化為其他消費者的食物來源。所以，大型底棲生物除了是串聯起各類型水域生態系統之食物網的媒介外，也扮演能量傳遞的重要角色。以養殖池生態來說，大型底棲生物中的優勢種—多毛類，不但可作為養殖魚蝦良好的天然生物餌料 (沙蠶、岩蟲等)，亦是反映養殖池內底質環境變化的參考指標生物 (小頭蟲或才女蟲等耐污性生物)。

彰化縣與雲林縣為臺灣主要的文蛤養殖地區之一，文蛤年產量合計約佔全臺的 60—90%，其養殖區域廣大，是發展太陽能光電的潛力場所。然而，文蛤養殖與其他魚類養殖管理上最大的差異就是必須密切觀察底泥的狀況。太陽能板搭設後，勢必減少養殖池的照光程度，間接影響水中藻類的分布與組成，進而造成底質及底棲動物群聚結構的變動。因此，本研究模擬在不同的遮光率下，探討養殖池內底棲動物的群聚組成、消長動

態及其與底質環境等關係，希望能找出文蛤池設置太陽能設施之每單位面積之最大遮光率，以作為太陽能光電養殖管理的參考依據。

材料與方法

選擇水產試驗所海水繁養殖研究中心臺西試驗場內，面積相同且水文相似的 5 座小型水泥池進行文蛤養殖試驗，並以蘭花網模擬不同遮光率：A: 0%、B: 30%、C: 50%、D: 70% 及 E: 100%。試驗期間自 2017 年 6 月至 2018 年 3 月，以艾克曼採泥器 (Ekman dredge, 15 × 15 cm) 進行表層底質 (深度 0—5 cm) 以及大型底棲無脊椎動物 (> 0.5 mm) 的採集，每月 1 次，共採集 10 次。其中，底質分析項目包括：有機質含量 (%)、含水量 (%)、粒徑 (mm)、砂質含量 (%) 及篩選係數等五項環境因子。

大型底棲無脊椎動物 (> 0.5 mm) 的採集方式，是以艾克曼採泥器挖取養殖池內深度 5 cm，面積 0.0225 m² 範圍內的底質。將採集到的底泥以網目 0.5 mm 孔徑的篩網進行初步篩選，尚留在篩網上的底泥及生物樣品再以養殖池海水沖倒至塑膠罐中。先以薄荷腦麻醉，再以 5% 以上的福馬林固定後，裝罐攜回研究室。進行分析時，再次將其倒在 0.5 mm 孔徑的篩網上，以清水沖洗，去除福馬林，然後進行挑蟲、鑑定及計數的工作。本研究生物鑑定主要到科的階層，部分常見種類則可鑑定至屬或種的階層。

養殖池底質環境因子組間 (遮光率) 差異的統計分析，係用單因子變異數分析 (one-way analysis of variance, ANOVA) 進行

檢定，當差異的顯著性達到 95% 以上信心水準時，再以最小顯著差異法 (least significant different, LSD) 進行兩兩組間比較。此外，以典型判別分析 (canonical discriminant analysis, CDA) 進行夏季 (6、7、8 月)、秋季 (9、10、11 月)、冬季 (12、1、2 月) 及春季 (3 月) 的資料分群資料分群並比較其季節性差異。大型底棲無脊椎動物群聚的時空差異分析，則是使用主成分分析法 (principle component analysis, PCA)。

結果與討論

一、不同遮光率與季節之底質環境特徵差異分析

各養殖池的底質物理化學特徵分析結果如表 1 所示。根據底質物理特徵 (如含水量、粒徑大小、砂質含量百分比及篩選係數) 資料顯示，不同遮光率下，養殖池的底質環境變動不大。因為在小型且環境封閉的養殖系統內，僅有來自外部區域的海水進行水體的交換，自身的水體流動緩慢。因此，養殖池內的底質物理性特徵無法如沙泥海岸會隨著時空及環境波動而有所變化。此外，隨著養殖時間增長，底質化學特徵，如有機質含量，秋冬兩季的平均值明顯高於夏季，而大型底棲無脊椎動物的物種數與優勢物種豐度亦隨之逐漸增加。

以多變量分析的典型判別分析法，解析實驗期間的季節性 (夏、秋、冬、春季) 差異結果得知，典型判別函數軸 1 可解釋整體變異數的 67.64%，其典型相關係數為 0.68 ($p < 0.05$)；典型判別函數軸 2 可解釋整體變異

的 22.06%，其典型相關係數為 0.46 ($p < 0.05$) (表 2、圖 2)，且底質特徵中的有機質含量則是在函數軸中造成季節性差異的主要環境影響因子 (表 1)。另，秋、冬季的底質有機含

量明顯高於夏季 (圖 3)，反映了殘餘飼料與文蛤排泄物的長期堆積；換句話說，養殖池底質之有機質的增加並未因為遮光率不同而出現差異。

表 1 不同遮光率下各文蛤養殖池底質環境特徵變化表

	0%	30%	50%	70%	100%
有機質含量 (%)					
範圍	2.46-3.83	2.39-4.29	2.70-3.91	2.56-4.01	2.57-3.54
平均值	3.32	3.43	3.37	3.46	3.19
標準偏差	0.44	0.54	0.37	0.40	0.37
含水量 (%)					
範圍	23.31-29.73	20.22-29.92	24.29-25.77	20.41-29.99	20.66-27.88
平均值	26.31	25.68	25.31	25.04	24.42
標準偏差	2.31	2.82	1.10	3.26	2.56
粒徑 (mm)					
範圍	0.32-0.45	0.38-0.48	0.37-0.45	0.36-0.48	0.37-0.50
平均值	0.39	0.41	0.41	0.41	0.43
標準偏差	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
砂質含量 (%)					
範圍	99.91-99.98	99.91-99.97	99.01-99.97	99.89-99.97	99.94-99.96
平均值	99.95	99.93	99.85	99.94	99.95
標準偏差	0.02	0.02	0.30	0.02	0.01
篩選係數					
範圍	0.93-1.09	0.94-1.07	0.92-1.13	0.92-1.15	0.90-1.11
平均值	1.00	1.01	1.01	1.04	1.01
標準偏差	0.08	0.05	0.07	0.07	0.06

表 2 不同遮光率下各文蛤養殖池底質環境季節判別分析表

	典型判別函數 1		典型判別函數 2	
	標準化典型判別函數係數	結構矩陣	標準化典型判別函數係數	結構矩陣
有機質含量 (%)	0.79	0.82	-0.52	-0.34
含水量 (%)	0.33	0.47	1.02	0.72
粒徑 (mm)	0.30	-0.24	0.44	-0.05
砂質含量 (%)	0.35	-0.04	0.35	0.40
篩選係數	0.66	0.43	0.17	-0.14
典型相關係數	0.68		0.46	
特徵值	0.84		0.27	
可解釋變異數 (%)	67.64		22.06	

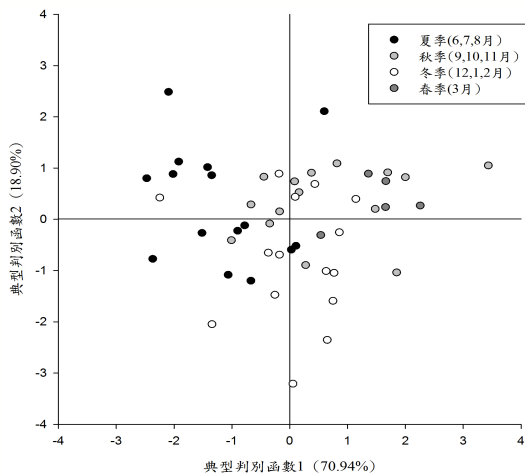


圖 2 文蛤養殖測站底質季節性差異典型判别分析

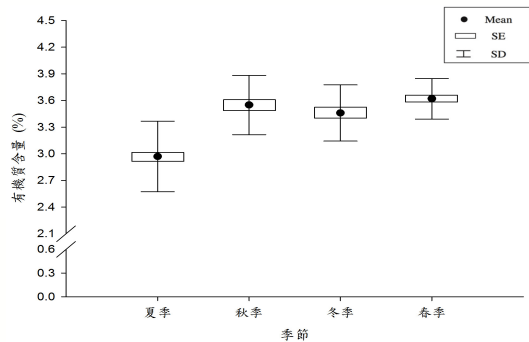


圖 3 文蛤養殖測站底質季節性差異比較

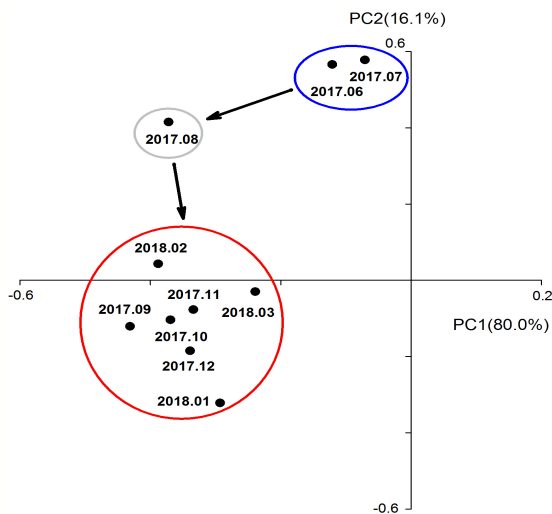


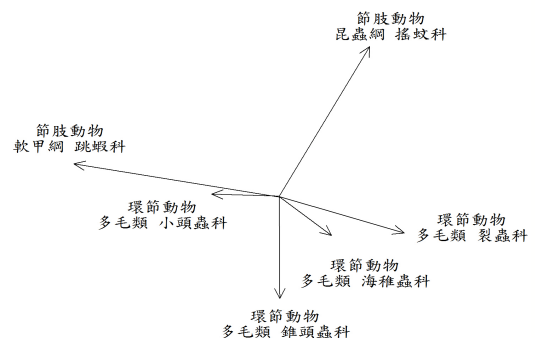
圖 5 文蛤養殖測站大型底棲動物群聚測站主成分分析

二、不同時間與遮光率下之大型底棲動物群聚差異性分析

主成分分析結果顯示，大型底棲動物群聚資料均具有顯著性的時空差異，以節肢動物的跳蝦科 (Talitridae) (圖 4) 生物為每月各池中的共同最大優勢物種。以時間性來說，動物群聚資料被分為三群 (圖 5)：(1) 2017 年 6、7 月，優勢物種為搖蚊科 (Chironomidae) 搖蚊屬 (*Chironomus* sp.) (圖 6)；(2) 2017 年



圖 4 節肢動物的跳蝦科 (Talitridae) 扁跳蝦屬 (*Platorchestia* sp.)



8 月，優勢物種以搖蚊科與小頭蟲科 (Capitellidae) 小頭蟲屬 (*Capitella* sp.) (圖 7) 為主；(3) 2017 年 9 月至 2018 年 3 月，優勢物種為小頭蟲科 (小頭蟲屬)、錐頭蟲科 (Orbiniidae) (圖 8) 以及海稚蟲科 (Spionidae) 才女蟲屬 (*Polydora* sp.) (圖 9)。空間性方面，可區分為兩群 (圖 10)，養殖池 A、B 的優勢物種為海稚蟲科才女蟲屬；養殖池 C、D、E 則以搖蚊科、小頭蟲科及錐頭蟲科為主。



圖 6 搖蚊科 (Chironomidae) 搖蚊屬 (*Chironomus* sp.)



圖 7 小頭蟲科 (Capitellidae) 小頭蟲屬 (*Capitella* sp.)



圖 8 錐頭蟲科 (Orbiniidae) 尖錐蟲屬 (*Scoloplos* sp.)



圖 9 海稚蟲科 (Spionidae) 才女蟲屬 (*Polydora* sp.)

由於不同物種對環境適應能力的差異，物種出現與否反應生物群聚對於此壓力的適應結果。眾多研究指出，水域優養化會明顯造成小型食碎屑物種數量的增加，底棲群聚生物量提升以及群聚結構的改變，這亦顯示出群聚對於高有機質、高食物供應量之棲地的適應結果。針對臺南七股沿海地區的相關研究報告亦指出，高有機質含量的沉積底質中最常發現小型食碎屑物種，如小頭蟲科等投機物種生物。

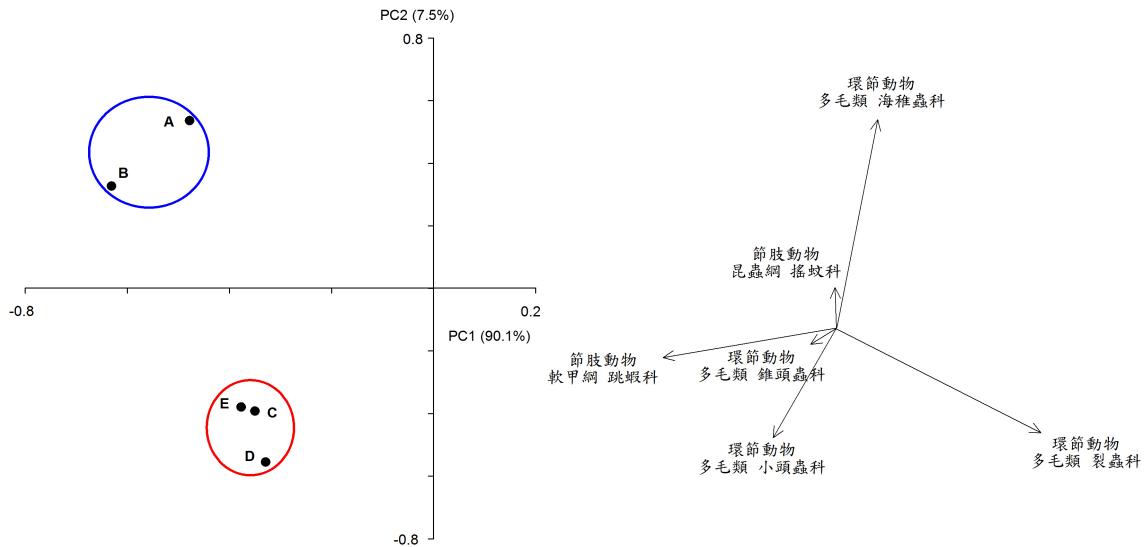


圖 10 文蛤養殖測站大型底棲動物群聚月份主成分分析

本研究中的多毛類優勢種：小頭蟲科小頭蟲屬、錐頭蟲科尖錐蟲屬及海稚蟲科才女蟲屬皆為底棲環境的投機物種，也是環境有機污染的指標生物。所謂的環境投機物種定義為：物種個體小且數量較多，生活史較短且繁殖力強，對於環境的耐受度較高，當其他物種不耐環境變化而消失時，便可佔據該棲地環境，進而使其數量大增。例如受污染的淡水河川中的吳郭魚等。因此，本研究結果顯示，不同的遮光率並不會導致大型底棲動物群聚結構的顯著改變。

結語

本研究結果顯示，不同遮光率下各養殖池底質出現的最大差異為有機質含量的增加。而大型底棲動物群聚結構隨著底質有機質的增加，也出現類似的趨勢。文蛤養殖初期，由於外源有機質（如飼料）的投入較

少，有機物質的堆積，能夠作為底棲生物環境中的營養及食物的來源，以便吸引更多其他物種的加入。因此，多毛類底棲生物闕如或數量較低。但是，隨著養殖時間的增加及文蛤的成長，飼料投餵量也逐漸增加，生物可利用的營養來源變多，進而使得底棲生物物種數及個體數量呈現逐漸大量上昇的趨勢，甚至每平方公尺數量可達數千隻之多。本研究得到的大型底棲動物群聚資料，反應出底棲環境逐漸劣化可能會造成的耐污種生物大幅增加的普遍現象。不過，過量的外源有機物質輸入，亦會造成養殖環境的急速劣化，導致養殖生物及底棲生物群聚的死亡。

本研究初步試驗結果發現，不同遮光率不會導致文蛤養殖池底質與大型底棲動物群聚結構的顯著改變。但由於至目前為止，僅利用 10 個月的時間進行戶外小型試驗池模擬比較，未來仍需增加調查時間及大規模的現場養殖實驗來確認。