



## 第八章 文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式開發

周昱翰<sup>1</sup>、陳高松<sup>2</sup>

<sup>1</sup>水產試驗所海水繁養殖研究中心、<sup>2</sup>企劃資訊組

### 一、光電養殖微生態環境監測

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

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

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

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

#### (一) 試驗一：遮蔽率養殖微生態環境變化試驗

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

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

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

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

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

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

## (二) 試驗二：不同遮蔽率及文蛤養殖方式中微生物環境變化

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

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

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

表 8-1 遮光率養殖微生態環境變化試驗水質分析結果

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

表 8-2 不同遮蔽度及文蛤養殖方式中水質分析結果

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

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

## 二、文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式研發

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

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

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

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

### (一) 遮蔽率對池水水溫的影響

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

### (二) 遮蔽率對池水鹽度的影響

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

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

40% 的池塘約可減少 40% 的雨量流入池中，進而減少池水鹽度的驟降。



圖 8-1 室外池遮蔽率模擬試驗池



圖 8-2 文蛤池立柱型太陽能板設施之試驗場所

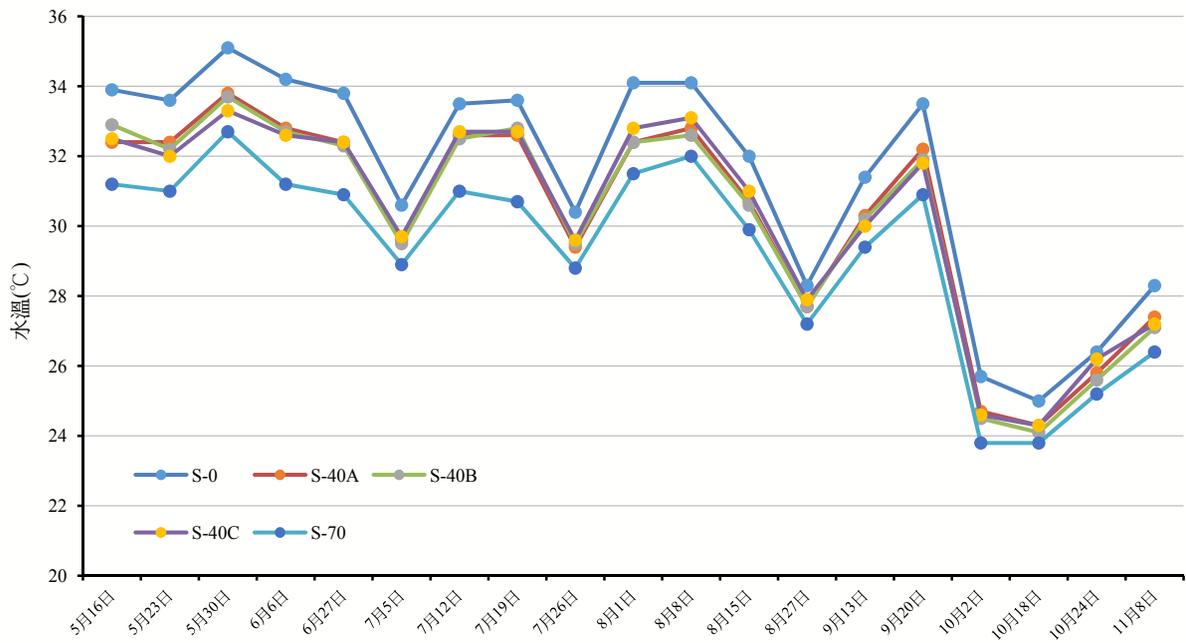


圖 8-3 試驗池水溫變化

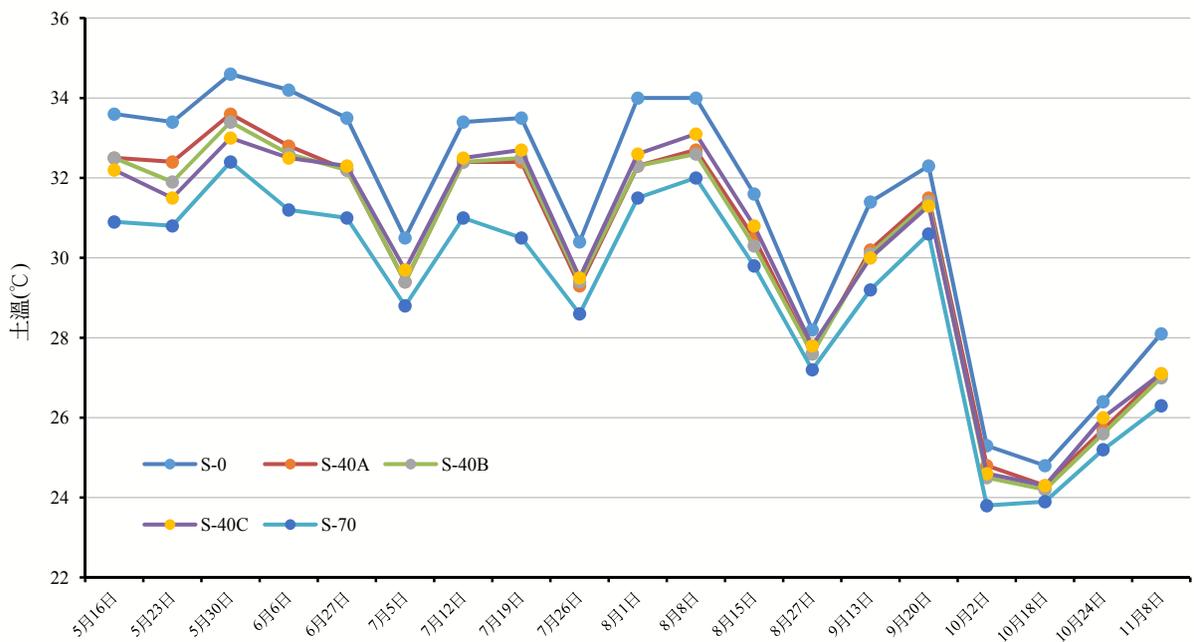


圖 8-4 試驗池土溫變化

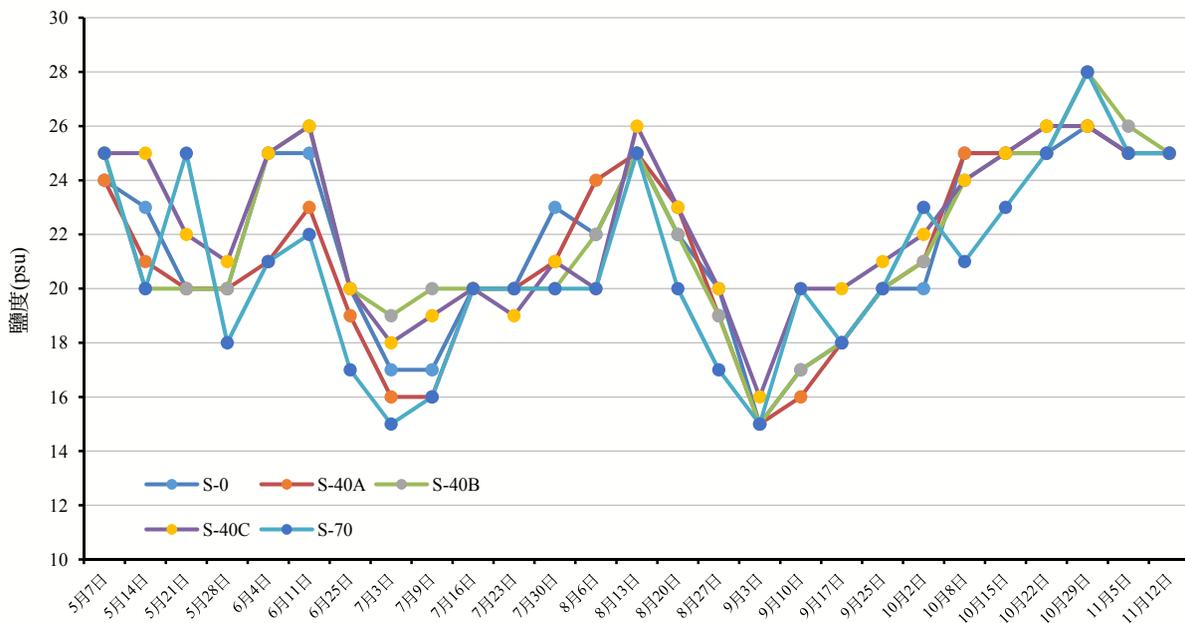


圖 8-5 試驗池鹽度變化

### (三) 遮蔽率對文蛤養成的影響

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

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

### (四) 遮蔽率對文蛤池產量的影響

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

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

試驗池之外，其他試驗池的增重量均符合產量不低於原產量的 70% 的要求。

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

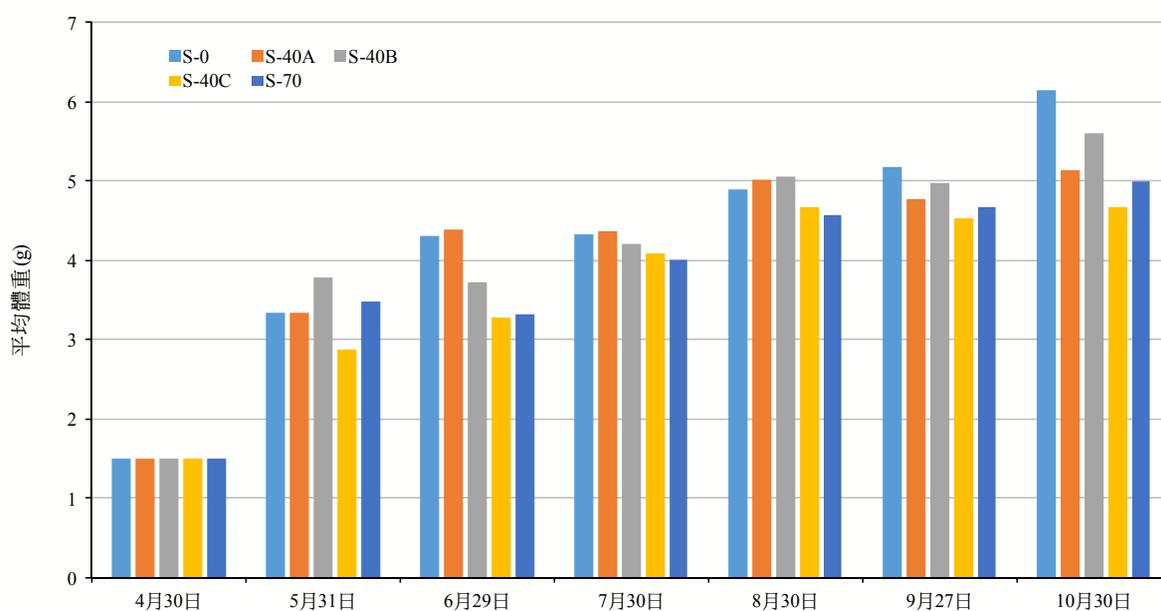


圖 8-6 試驗期間各試驗池文蛤之成長變化

表 8-3 不同遮蔽率試驗飼養 6 個月後文蛤成長結果

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