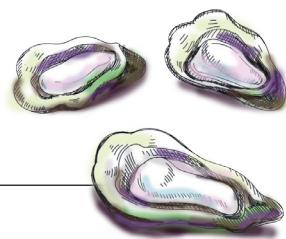


苗栗離岸風場內單體牡蠣養殖初探

藍揚麒、翁進興

水產試驗所沿近海資源研究中心



前言

由於人類經濟活動大量使用化石燃料，造成大氣中二氧化碳等溫室氣體劇增，故使地球暖化現象日益嚴重，全球氣候變遷加劇，迫使聯合國多數會員國於 1997 年 12 月簽定京都議定書，以規範工業國家未來之溫室氣體減量責任。近年來我國積極推動綠能政策，期能降低溫室氣體之排放量，離岸風機之設置為重要的綠能項目之一，然其預定設置海域與我國傳統漁場重疊，其機體設置直接影響當地漁民作業，例如限制拖網及流刺網漁法之作業。此外，臺灣西部海域近年來泥沙淤積嚴重，造成潮間帶傳統牡蠣 (*Magallana angulata*) 養殖場域遭受掩埋而不適於繼續養殖，亦導致我國牡蠣產量及產值大幅下降。為降低我國離岸綠能發展對當地漁業的衝擊，本研究遂於 2020—2021 年期間於苗栗風場內進行單體牡蠣之離岸養殖試驗，期能找出最適養殖條件，未來可輔導漁民從事離岸牡蠣養殖，使我國離岸綠能與漁業發展得以兼顧，創造雙贏局面。

材料方法

一、養殖設施之佈設

本研究於 2020 年 5 月 7 日使用水試二號

試驗船於苗栗離岸風場內 (圖 1) 設置 1 組三角形之水面浮式養殖設施進行牡蠣養殖試驗。然該養殖設施於 2020 年冬季時損壞，本研究遂於 2021 年 4 月 26 日及 5 月 26 日重新於苗栗離岸風場內共設置 4 組水下養殖設施 (圖 2 左) 及 1 組四方形水面養殖設施 (圖 2 右、圖 3)。水下養殖設施懸浮於離海底 12 m 處，海水漲潮及退潮時分別處於水深約 10 m 與 5 m 處。

二、單體牡蠣之成長與死亡率調查

2020 年 5 月 7 日離岸養殖之單體牡蠣以籠具方式養殖，分別置於表層及水深 5 m 與 10 m 處進行養殖試驗，並於 2020 年 7 月 1 日及 9 月 17 日進行成長與死亡率調查。2021 年 4 月 26 日養殖之單體牡蠣亦以籠具方式養殖，分別吊掛於水面及水下養殖設施，進行表層及水下養殖試驗；並於 2021 年 5 月 26 日及 8 月 30 日進行成長與死亡率調查；水下養殖之單體牡蠣係以潛水方式進行調查。

三、重金屬含量檢測

根據衛生福利部「食品中污染物質及毒素衛生標準」之規範，貝類僅就鎘、鉛、無機砷及甲基汞進行規範，其上限值分別為 1、1.5、0.5 及 0.5 ppm。因此，本所為了解離岸風場內養殖貝體內重金屬含量是否符合可食用標準，針對養殖之牡蠣進行鎘、鉛、無機砷及甲基汞含量進行檢測。單體牡蠣於



圖 1 苗栗竹南外海離岸風場內之養殖設施佈設位置 (紅色方框內)，紫色標示為風機位置，綠色線為風機的海底電纜

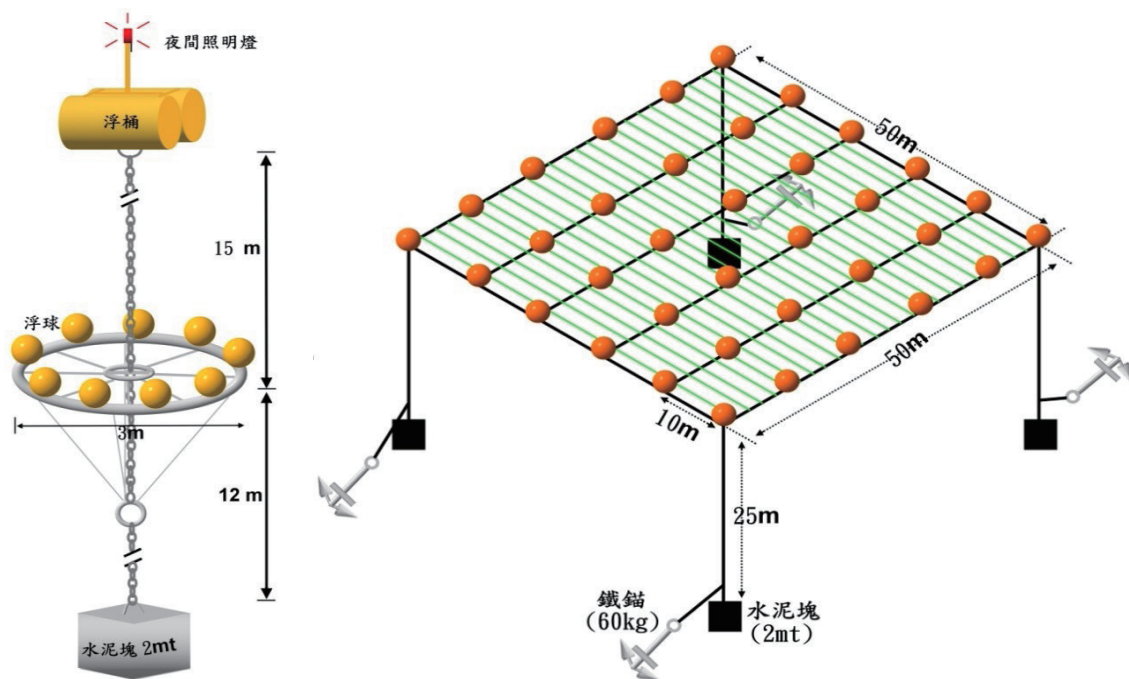


圖 2 水下(左)及水面(右)浮式養殖設施示意圖

水下養殖設施之圓框浮於離海底 12 m 處，單體牡蠣養殖籠具固定於圓框上；浮桶浮於水面。水面養殖設施浮於水面，傳統式蚵串及單體牡蠣養殖籠具繫於幹繩上

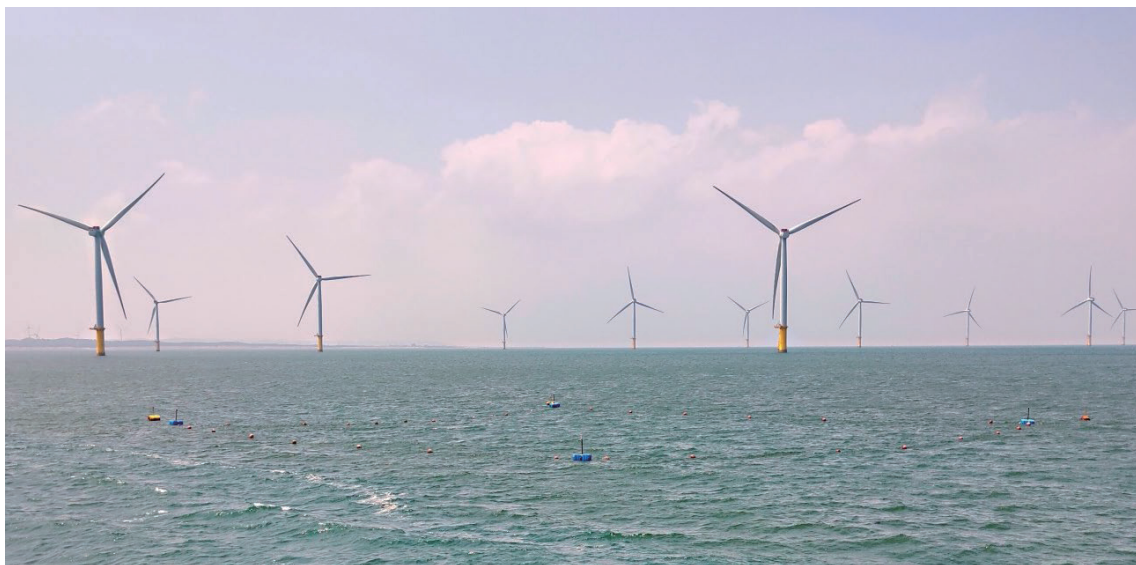


圖 3 2021 年 5 月 26 日苗栗離岸風場內牡蠣養殖設施海面佈設

放養前先進行採樣，而於離岸放養後數月再次進行採樣，每次採集數量至少 10 顆，進行鎘、鉛、無機砷及甲基汞等重金屬含量測量。另於苗栗風場內及風場外南側 1 km 處採集底泥樣本，進行重金屬含量之檢測。海洋底泥之重金屬含量方面，目前無相關規範限制，因此，僅就貝類之規範之前述四種重金屬含量進行檢測。

四、海洋環境調查

在養殖海域海洋環境的調查方面，係搭乘水試二號試驗船於 2020 年 5 月 7 日、7 月 1 日與 9 月 17 日及 2021 年 5 月 26 日與 8 月 30 日至苗栗離岸風場海域，使用採水瓶懸掛於 CTD 上，並下放至離海底約 5 m 深以紀錄各水層之海水溫度、鹽度、溶氧量及照度等資料。另以採水瓶採集表層、5 m 及 10 m 深度之海水樣本 500 ml，先以 10 μ m 濾紙過濾後 -18°C 冷凍保存，帶回實驗室後，進行氨鹽類 (NH_4)、硝酸鹽類 (NO_3)、矽酸鹽類

(SiO_4) 及磷酸鹽類 (PO_4) 與葉綠素 a 濃度之測量。

結果

一、海洋環境調查

2020—2021 年期間，苗栗離岸風場內單體牡蠣養殖設施設置海域附近，各航次調查之葉綠素 a 及氨鹽類、硝酸鹽類、磷酸鹽類與矽酸鹽類濃度如圖 4 所示：2021 年 5 月苗栗離岸風場內之葉綠素 a 濃度僅去年同期之 1/9，四種鹽類之濃度，除氨鹽類略低於去年同期之調查結果外，其餘三種鹽類均較去年為高。8 月底之葉綠素 a 濃度為去年 9 月中旬之 2.25 倍，四種鹽類之濃度，除矽酸鹽類為去年同期之 0.28 倍外，其餘三種鹽類均高於去年之調查結果。2021 年苗栗風場海域內之浮游植物爆發之季節為夏末秋初，2020 年則為春夏期間。由 2020—2021 年各調查期間

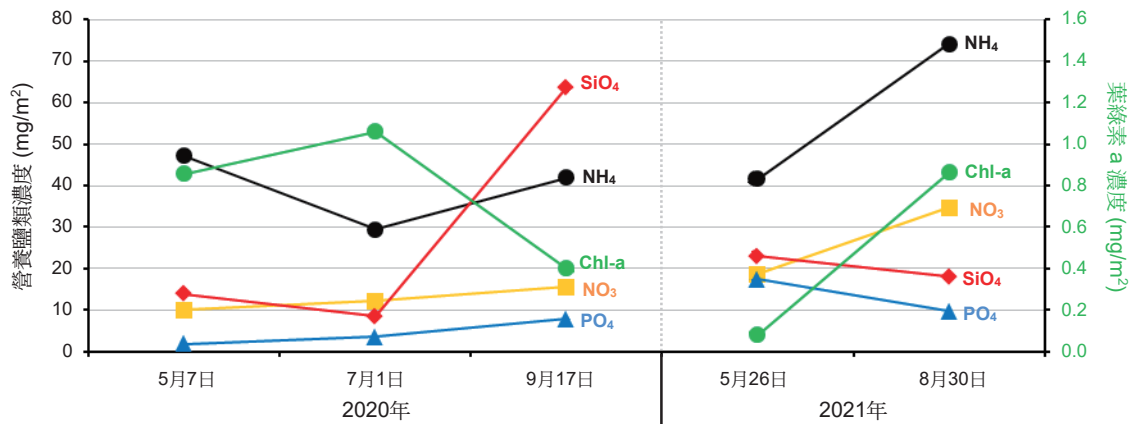


圖 4 2020-2021 年調查期間，苗栗離岸風場內氮鹽類 (NH₄)、硝酸鹽類 (NO₃)、矽酸鹽類 (SiO₄)、磷酸鹽類 (PO₄) 及葉綠素 a (Chl-a) 濃度

葉綠素 a 濃度之垂直分布如圖 5 所示，2021 年 5 月調查期間，水深 5 m 處之濃度最高，15 m 處之濃度最低；而 2020 年 5 月之調查結果顯示其濃度隨水深之增加而提高。2021 年 8 月底調查期間，葉綠素 a 濃度亦於海水表層至 5 m 處較高，水深 5–15 m 之水層較

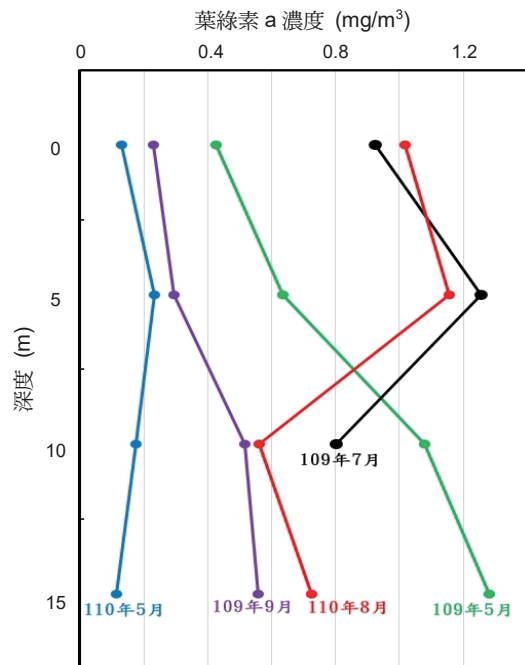


圖 5 苗栗離岸風場內各調查期間葉綠素濃度垂直分布

低；而 2020 年 9 月中旬之調查結果顯示其濃度隨水深之增加而提高。

二、單體牡蠣之成長與死亡率變動

2020–2021 年期間，苗栗離岸風場內養殖之單體牡蠣，其平均殼長及累積死亡率如圖 6 所示。2020 年放養之單體牡蠣分三個水層進行養殖試驗，包括近海水表面 (< 1 m)、5 m 及 10 m；惟放養於 5 m 及 10 m 處之籠具分別於 7 月 1 日及 9 月 17 日調查時遺失。2020 年 5 月 7 日調查時表面、5 m 及 10 m 放養之單體牡蠣平均殼長分別為 51.9 ± 10.5 mm、 53.1 ± 12.4 mm 及 48.6 ± 12.3 mm。7 月 1 日調查時，放養於近海水表面及 10 m 之單體牡蠣平均殼長分別為 70.1 ± 12.6 mm 及 65.4 ± 14.2 mm，累積死亡率分別為 3.3% 與 8.3%。9 月 17 日調查時，僅餘表面養殖之籠具，其餘兩水層均遺失，單體牡蠣之平均殼長為 81.2 ± 11.7 mm，累積死亡率達 56.7%。2020 年 5–7 月期間，表面及水深 10 m 處養殖之單體牡蠣平均成長率分別為 9.9、9.2 mm/month；而 5–9 月期間，表面養殖之單體牡蠣平均成長率為 6.6 mm/month。

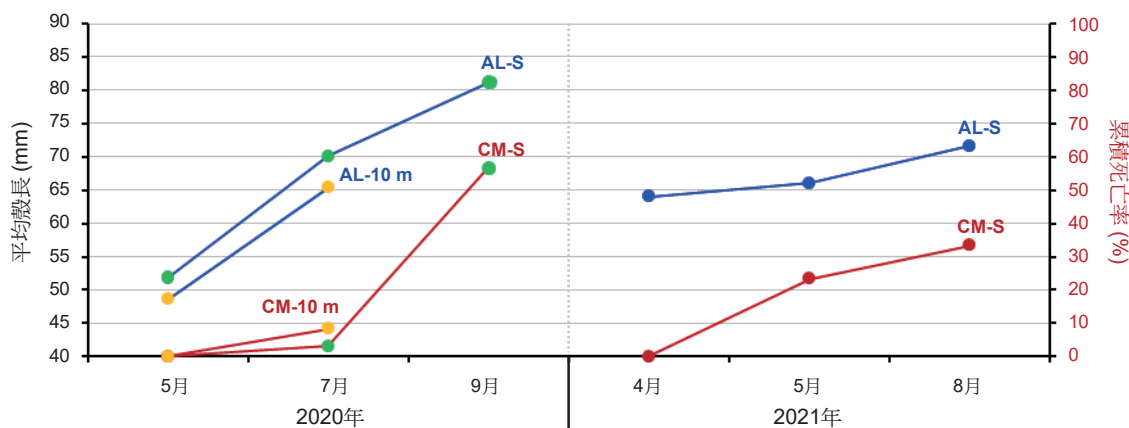


圖 6 2020-2021 年苗栗離岸海域單體牡蠣養殖之平均殼長與累積死亡率曲線圖

AL-S 為表面養殖之平均殼長曲線，AL-10 m 為水下 10 m 養殖之平均殼長曲線；CM-S 為表面養殖之累積死亡率曲線，CM-10 m 為水下 10 m 養殖之累積死亡率

因 2020 年設置之養殖設施於冬季時損壞，遂於 2021 年 4 月 26 日重新於近海水表面進行放養，初始平均殼長為 64.0 ± 12.1 mm；5 月 26 日調查時，其平均殼長增長至 66.0 ± 11.5 mm，死亡率為 23.3%；8 月 30 日調查時，其平均殼長為 71.6 ± 16.2 mm，死亡率為 33.3%。2021 年 4 月 26 日至 8 月 30 日期間，表面養殖之單體牡蠣之平均成長率為 1.8 mm/month。

本試驗之單體牡蠣由傳統式蚵串剝離而來，因此，第 1 次調查時，牡蠣主要死亡之原因推測包括：(1)剝離過程中個體受到傷害較嚴重，但外觀無損傷，此因素應佔絕大部分；(2)對新環境之適應力較差之個體；(3)遭受其他生物 (如扁蟲) 所掠食。第 2 次調查時，2020 年與 2021 年的單體牡蠣養殖籠具內分別存在 13 與 3 隻扁蟲，是造成牡蠣死亡的主要因素，因死亡之牡蠣亦有明顯的成長，顯示應為已能適應當地的環境，故推測其死亡主要是遭受扁蟲掠食。2021 年離岸養殖之單體牡蠣平均成長率遠低於 2020 年之

調查結果，推測可能與 2021 年 5 月海域內之浮游植物豐度遠低於 2020 年同期有關。

三、重金屬含量檢測

(一) 離岸養殖海域海底底泥重金屬含量

苗栗離岸風場內及附近海域底泥中，鎘、鉛、無機砷及甲基汞等 4 種重金屬含量檢測結果如表 1 所示。2020 年 5 月 7 日及 29 日分別於苗栗離岸風場內及風場西側 1 km 處進行底泥採樣，其鎘、鉛、無機砷及甲基汞之含量分別為 0 ppm、4.47 ppm、4.30 ppm 與 0.08 ppm 及 0 ppm、7.49 ppm、5.29 ppm 與 0.04 ppm。2021 年 4 月 26 日及 8 月 30 日於風場內及其南側 1 km 處採樣之底泥，經上列四種重金屬含量檢測，僅含鉛與砷：4 月 26 日調查時，前述兩處之鉛與砷含量分別為 4.93 ppm 與 7.29 ppm 及 1.06 ppm 與 3.19 ppm；8 月 30 日調查時，前述兩處之鉛與砷含量分別為 4.70 ppm 與 5.79 ppm 及 4.26 ppm 與 4.21 ppm。

(二) 離岸養殖牡蠣體內重金屬含量

苗栗離岸風場內養殖之單體牡蠣，其體

內鎘、鉛、無機砷及甲基汞等 4 種重金屬含量檢測結果如表 2 所示。2020 年 5 月 7 日放養之單體牡蠣，僅檢測出無機砷 0.12 ppm；7 月 1 日與 10 月 14 日進行檢測時，亦僅檢測出無機砷，其含量分別為 0.01 與 0.05 ppm。2021 年 4 月 26 日放養之單體牡蠣未檢測出前述 4 種重金屬含量；8 月 30 日再次進行檢測，除了無機砷含量為 0.01 ppm 之外，其餘

亦未檢測出。

綜合 2020 與 2021 年於苗栗離岸風場內放養之單體牡蠣，於養殖前與養殖後之分析結果，其體內重金屬含量均低於衛生福利部訂定的「食品中污染物質及毒素衛生標準」有關貝類之含量規範。苗栗離岸風場屬於開放性海域，並且遠離河川水之影響，海域內養殖之牡蠣尚無食用安全上之虞慮。

表 1 苗栗離岸風場附近海域底泥重金屬含量檢測

底泥重金屬含量 (ppm)						
日 期	2020.5.7	2020.5.29	2021.4.26	2021.4.26	2021.8.30	2021.8.30
海 域 別	苗栗風場內	苗栗風場西側 1 km	苗栗風場內	苗栗風場南側 1 km	苗栗風場內	苗栗風場南側 1 km
鎘 (Cd)	0	0	0	0	0	0
鉛 (Pb)	4.47	7.49	4.93	1.06	4.70	4.26
無機砷 (As)	4.30	5.29	7.29	3.19	5.79	4.21
甲基汞 (Hg)	0.08	0.04	0	0	0	0

表 2 苗栗離岸風場內單體牡蠣養殖前、後之體內重金屬含量檢測

牡蠣重金屬含量 (ppm)						衛生福利部
日 期	2020.5.7	2020.7.1	2020.10.14	2021.4.26	2021.8.30	食品中污染物質及毒素衛生標準
鎘 (Cd)	0	0	0	0	0	1.0
鉛 (Pb)	0	0	0	0	0	1.5
無機砷 (As)	0.12	0.01	0.05	0	0.01	0.5
甲基汞 (Hg)	0	0	0	0	0	0.5

結語

單體牡蠣於苗栗離岸風場海域內之養殖試驗結果顯示，其養殖水深至少可達 10 m，因此，進行立體式養殖方式，可增加養殖產量。單體牡蠣如由傳統式蚵串剝離而得，則應先置於潮間帶或陸上魚塭暫養幾天，以去除受傷或不健康個體，可降低其養殖初期之

死亡率；夏末秋初期間，養殖籠具若遭藤壺包覆，易孳生扁蟲，造成養殖牡蠣大量死亡。2020 年單體牡蠣之成長速度遠大於 2021 年，應與海域中浮游植物之密度有關。本試驗期間，單體牡蠣體內之重金屬含量均低於衛生福利部訂定的「食品中污染物質及毒素衛生標準」有關貝類之含量規範，尚無食用安全之虞。