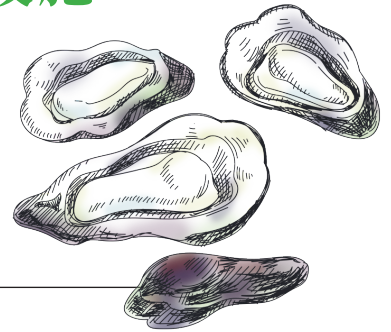


# 參加「2021 澎湖無塑島暨循環設施參訪展示與茶敘論壇」紀實

許思婕、呂逸林、邱韻霖、謝恆毅  
水產試驗所澎湖海洋生物研究中心



## 前言

1966 年由英國經濟學家肯尼思·博爾丁 (K. E. Boulding) 提出「地球是一艘孤獨的太空船」概念，指出環境中沒有無限的物質儲備庫，人類必須回到自己在生態系統循環位置，進行物質再生產。此概念指出了線性經濟發展造成資源被過度消耗利用的問題，到循環經濟軌跡覺醒，至今成為循環經濟的理念之一。第一屆臺灣循環經濟週於 2019 年開始舉行，之後每年一次，到今年已是第三屆，藉由行政院環保署（以下簡稱環保署）等各部會及民間團體聯合展現循環經濟相關成果。2021 年環保署希望透過辦理「第三屆臺灣循環經濟週」的契機，聚焦於「循環塑膠」、「循環營建」、「循環農業」及「固體再生燃料(SRF)」四大議題上，廣邀國內外產、官、研共同參與，藉由產業交流與媒合，以綠色循環復甦後疫情時代。環保署特別選定澎湖為首站辦理「2021 澎湖無塑島暨循環設施參訪展示與茶敘論壇」，由環保署副署長沈志修率各部會與美國在臺協會臺北辦事處、日本交流協會、聖克里斯多福及尼維斯等 15 國駐華使節及友邦國家與會，讓國內外人士

瞭解離島海洋廢棄物垃圾處理方式、養殖廢棄物及生活廢棄物循環再利用之案例分享 (圖 1)。



圖 1 2021 澎湖無塑島暨循環設施參訪展示與茶敘論壇全體大合照 (前排左二為水產試驗所澎湖海洋生物研究中心謝恆毅主任)

## 與會過程

「2021 澎湖無塑島暨循環設施參訪展示與茶敘論壇」10 月 5 日於澎湖福朋喜來登飯店舉辦。環保署副署長沈志修開幕致詞時表示，實地前往澎湖姑婆嶼勘查，親眼見證海洋廢棄物堆置在沙灘上狀況，強調應從生活中減塑落實起，不僅要減少自然資源開採，更重要是要思考如何進入循環經濟一環中。論壇由環保署代表、澎湖縣政府環保局陳高樑局長、湖西鄉龍門村洪瑞達村長、智慧回收機企業代表及本所澎湖海洋生物研究中心

(以下簡稱澎湖中心) 謝恆毅主任進行簡報(圖 2)。謝主任全程以英文分享目前本所對循環經濟的實驗成果，主題為生物碳酸鈣再生循環應用在養殖與海洋保育 (Biological calcium carbonate recycling application in aquaculture and ocean conservation)，說明澎湖牡蠣殼廢棄物及潮間帶砂矽(珊瑚礁碎屑)堆積問題，以及本所澎湖海洋生物研究中心透過循環資材應用試驗以解決生物碳酸鈣在澎湖所造成的環境問題，並應用在未來海洋保育與養殖產業的開發。



圖 2 澎湖中心謝恆毅主任分享循環資材生物磚復育，吸引國外使節及來賓對於生物碳酸鈣再生循環利用有很大興趣，紛紛提出問題討論

澎湖年產約 1—1.4 萬公噸牡蠣，七成左右帶殼銷往臺灣，其餘供應澎湖在地應用，主要為燒烤業者或是餐廳，為澎湖帶來的養殖價值年約 5 億 3 千萬元，創造重要的養殖事業經濟收入，卻也留下每年 2—3 千公噸的牡蠣廢殼。因人工回收處理成本及運送成本高，只能尋覓空地堆置，以菜園社區為例，堆積場使用時間已逾 20 餘年，累積牡蠣殼逾 6 萬公噸，污染當地環境景觀及影響空氣品質甚鉅。2021 年馬公市公所撥款移置處理，但因懸掛牡蠣養殖的牛筋繩混雜其中，絞碎時會變成塑膠微粒進入環境，成為急待解決

的污染問題。此外，近年來澎湖潮間帶砂矽堆積問題受到廣泛重視，由於海流和海浪的作用，目前澎湖東北海一帶原來寬廣多樣的潮間帶，面臨嚴重的砂矽堆積問題，被砂矽所覆蓋的潮間帶改變了生物棲息環境，造成生物多樣性的下降，如何將砂矽和廢棄牡蠣殼這一類生物性碳酸鈣有效利用，對當地生態及環境改善有重要的意涵。

## 分享議題

### 一、原型牡蠣砂體運用

牡蠣能將碳酸氫根與鈣離子合成為碳酸鈣，養殖過程可固碳，而廢殼具備良好可再利用的潛力。從 2020 年開始，澎湖中心開始針對牡蠣殼及堆積問題嚴重的砂矽進行去化試驗，結果顯示牡蠣殼可做為棲地復育基材、養殖池底泥改善及循環用水濾材等的使用，具有穩定水質的功效。牡蠣殼與珊瑚砂皆有碳酸鈣成分，利用牡蠣殼粉做為生物養殖替代性砂源，可減少野外珊瑚砂的採集。澎湖中心選取象牙鳳螺作為試驗物種，分別在黑砂池、珊瑚砂池、煨燒牡蠣殼砂池及未煨燒牡蠣殼砂池中培育，結果發現，在未煨燒牡蠣殼砂中飼養的象牙鳳螺增重率最好、生長速率及活存率優於珊瑚砂養殖，證明可運用牡蠣殼砂替代珊瑚砂，螺殼的色澤也更好看，藉此能提高市場價值(圖 3)。

### 二、循環資材再利用—無機膠結技術生態磚體

為了解決生物性碳酸鈣，澎湖中心也引入無機膠結技術，以生物性碳酸鈣和其他循環資材結合，利用澆灌、捏塑及 3D 列印等



方式，做成海洋生物磚 (圖 4)，包含藻磚、H 型磚、牡蠣殼管柱等等材料，來復育藻類、砵磙貝、珊瑚等生物，讓海洋的產物回到海洋。在未來還會繼續針對澎湖海岸線特性，利用 3D 列印技術，以生態工法的概念 (保濕、蓄水、多孔隙)，將其使用在生態海岸與海洋棲地復育運用上，使生物可以有適宜生長之處，也可改善海岸線景觀，達到養殖事業廢棄物及潮間帶堆積物的去化與應用。



圖 3 使用牡蠣殼砂所培育養殖的象牙鳳螺，色澤及增重表現優於其他砂種



圖 4 透過無機膠結方式製作成可堆疊之 H 型磚-珊瑚無性生殖復育 (左上)、牡蠣殼管柱-珊瑚有性生殖附苗復育 (右上)、未來還會利用 3D 列印技術製成棲地復育基材 (下)

## 循環經濟展示

論壇中除了演講之外，會場周邊設置展覽區，分為「減塑生活智慧紮根」、「循環新價值」兩大展區，邀請了社區、澎湖監獄、藝術創作團隊及公司對於減塑推動、循環資材再利用、銀合歡文創商品、海廢治理等成果展現。主要的內容包含環保杯租賃、設置智慧自動回收機及智慧物聯網飲水設備展示；以解決保麗龍海廢問題為目標的海廢保麗龍減容貨櫃展示；澎湖在地團隊海漂實驗室致敬世界名畫拾穗製作海廢作品-拾穢；澎湖在地社區利用海洋廢棄物、銀合歡及回收玻璃等循環再造的應用實例 (圖 5)，以及澎湖中心牡蠣殼再利用展示等 (圖 6、7)。現場藉由導覽方式讓國內外貴賓體驗澎湖減塑累積成果與循環新價值產業與時俱進的創新



圖 5 海漂實驗室作品致敬名畫海廢作品-拾穢 (左上)、光寶科技回收保麗龍再製成鍵盤 (右上)、龍門社區海廢作品 (左下)、湖東社區銀合歡染布及生活製品開啟地方創生 (右下)



圖 6 謝恆毅主任於展覽區向各國使節及來賓分享牡蠣殼 H 型磚培育生物狀況

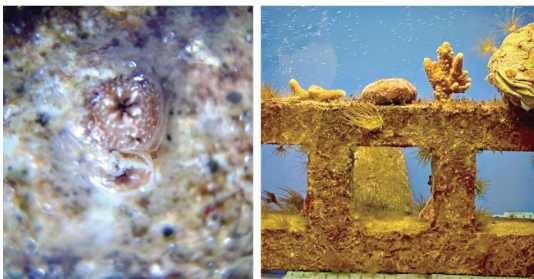


圖 7 牡蠣殼管柱上珊瑚附苗有性生殖生長狀況良好(左)；牡蠣殼 H 型磚培育珊瑚無性生殖生長成果展示(右)

合作內容，邀請友邦國家朋友相互交流寶貴經驗，盼望一起為營造環境永續的目標出發，對未來循環經濟的運用創造出更多實踐的可能性。

## 心得與建議

循環經濟的發展，源自於過去人類社會依循線性經濟發展所造成的資源耗竭與環境問題。依生態的觀點來看，自然的系統中並不存在廢棄物問題，所有的物質均在系統內

由不同的需求者循環利用。線性經濟的運作思維，將生產與使用過程中無法使用的部分視為廢棄物，成為當代環境問題的核心，加上鼓勵大量消費的結果，產品使用周期縮短，被快速汰除，往往變成嚴重的污染和環境負荷問題。由資源的角度重新審視所謂的廢棄物，是循環經濟的重要基礎之一。

澎湖縣由 90 個島嶼組成，依賴海洋為生的島嶼生態，過去居民善用當地有限的資源，如使用玄武岩疊砌石滬，利用潮差來捕抓漁獲；用硧砧石 (coral stone) 即珊瑚礁岩體來疊砌菜宅及蓋房子，發展出自給自足的生活方式。但在全球化的當代社會，澎湖諸島無法置外於全球環境問題。如論壇的參訪行程中，各國使節於離島海岸所見，位於黑潮支流、中國沿岸流和南中國洋流交會的澎湖，每到冬天海岸就像全球海洋廢棄物匯集嘉年華，從亞洲、歐洲、美洲等各國的垃圾都會在澎湖海岸線看到 (尤其是北岸)，形成怵目的海廢問題。但在本次的論壇中，我們可看到不論政府、當地社區或企業，均已逐漸由循環經濟的角度思考海廢的議題，導入各種不同的技術或方法，著手進行減量或希望能將海廢轉換成可用的資源。另外，生物性碳酸鈣包括廢棄牡蠣殼與砂矸等問題，是近年來澎湖慢慢被關注的議題，在運輸成本與碳排的考量下，如何在當地發展出處理技術，並轉換成可用資材，以利再循環利用是本次論壇中另一亮點，尤其是澎湖海洋生物研究中心目前規劃的利用方式中，同時納入海洋復育的潛力研究，希望在未來能把由海洋取出的還回給海洋，最終能達到永續循環的社會發展目標。