

運用分子標記評估銀塔鐘螺之放流效益

黃慶輝¹、吳嘉哲¹、王俊堯²、曾福生¹、謝恆毅²

¹ 水產試驗所水產養殖組、² 澎湖漁業生物研究中心

前言

臺灣沿岸生態環境近年面臨嚴峻挑戰，如氣候暖化、沿岸開發、過度捕撈和環境汙染等因素導致沿岸海洋生物資源急遽減少。尤其是經濟價值高的定棲性介貝類，由於棲息地靠近海岸且易於捕捉，資源枯竭情況更為嚴重。目前全球漁業正陷入惡性循環，捕撈對象的生態位階不斷下降，雖然短期內總產量可能維持穩定，但長遠來看可能引發海洋生物族群結構改變或產量驟降。為應對這一危機，本所研究人員提倡從生態學角度出發，進行全面的海洋生物資源調查和人工繁殖技術研發，並自 2021 年起持續辦理水產資源復育之相關科技計畫，計畫內容包含水產資源監測以及運用人工繁殖苗之復育。

水產資源監測方面，為了解重要水產種原的野外分布狀況，長期連續的監測資料至關重要。另野外種原的存續直接影響產業發展和海洋生態系統的健康，因此在族群匱乏前應採取適當的管理和復育措施。建立長期監測體系不僅有助於了解海洋生物的棲息特性，還能为制定保育策略和放流計畫提供科學依據，從而提高海洋資源回復的效率。這種持續性的監測工作對於規劃相應的保護區和棲地放流模式，以及提升海洋生物資源復育效率具有重要意義。

另人工繁殖苗復育方面，為應對海洋生

物資源逐漸減少的趨勢，本所持續開發適合的人工繁養殖技術，並結合棲地特性進行增殖放流，在沿海地區積極放流人工養殖的魚貝苗，以補充海洋漁業資源。然而放流時，需詳細評估魚貝苗之基因多樣性，以避免降低天然族群的基因多樣性、破壞原有物種的遺傳結構等問題，不當的放流方式可能導致族群弱化和生態失衡，反而加速自然資源的枯竭。因此，種原管理、幼苗基因多樣性分析和放流後野生族群之遺傳組成評估，這些工作對於有效且可持續地培育沿近海重要漁業資源之永續發展非常重要。

有鑑於遺傳多樣性和資源評估在永續漁業管理中的關鍵作用，筆者運用粒線體核酸標記技術，評估野生族群及繁殖人工苗銀塔鐘螺 (*Tectus pyramis*) 之基因多樣性，同時比較放流前後野生族群的遺傳結構以嘗試了解放流效果。通過這種科學的方式，期待可以提供一個更好理解和管理定棲性介貝資源的方式，確保沿岸相關漁業之永續發展。

運用基因標記評估放流效益

在歐美和日本等漁業先進國家，專業學術機構負責放流前的準備工作。這些工作涵蓋種魚管理、魚苗基因多樣性分析以及遺傳組成評估等方面。他們不僅使用生物標記進行檢定，還能評估子代的遺傳基因組成和再

生產率。其中一個主要的研究方法是利用粒線體 DNA (mitochondrial DNA) 分子標記技術。這種技術可以用來探討魚貝的遺傳多樣性、進行親子鑑定、並改善種苗放流管理。通過這些先進的方法和技術，這些國家能夠更有效地管理和優化他們的放流計畫，確保放流活動的生態效益和經濟效益。

筆者亦於 2023 年「定棲性魚介類增裕技術之研究」科技計畫中，嘗試運用粒線體 DNA 序列之 SNP (單核苷酸多態性, Single Nucleotide Polymorphism) 進行銀塔鐘螺之族群結構分析及放流效益評估。銀塔鐘螺是鐘螺科的一員，在澎湖海域被視為最具經濟價值的食用貝類之一。其貝殼呈圓錐形，主體呈灰色並點綴著綠色斑點。螺塔的上部有一列突起的瘤狀結構 (圖 1)，與之形成鮮明對比的是純白且光滑的殼底。值得注意的是，銀塔鐘螺在幼年時期，殼底周緣會出現齒輪狀的突起，隨著成長這些突起逐漸消失，最終形成平滑的表面。銀塔鐘螺苗在人工飼養環境下，約 1 年以上可成長至 5 cm 左右大小並達到性成熟，之後持續成長，其殼

徑可達到 9 cm 左右。關於其生態習性，銀塔鐘螺偏好在礁岩岸的淺海底棲息。這種環境為其提供了豐富的食物來源，因為銀塔鐘螺主要以附著在岩石表面的各種藻類為食。



圖 1 銀塔鐘螺 (*Tectus pyramis*)

本次研究之粒線體基因標記規劃，參考銀塔鐘螺全粒線體序列 (Zhao et al., 2018)，設計專一性引子測試 Cytochrome b (*Cytb*) 基因，PCR 結果可正確擴增銀塔鐘螺 *Cytb* 全長，電泳片段長約 1,200 bp (圖 2)。 *Cytb* 為研究貝類族群遺傳 (Tan et al., 2013; Gajado et al., 2022) 常用之粒線體基因標記，並經由序列分析發現 *Cytb* 基因可由序列中鹼基的不同分為兩型，G_type 及 A_type (圖 3)，因鹼基變異皆不改變轉譯的胺基酸，這兩者的分型應不影響基因功能，至於為何

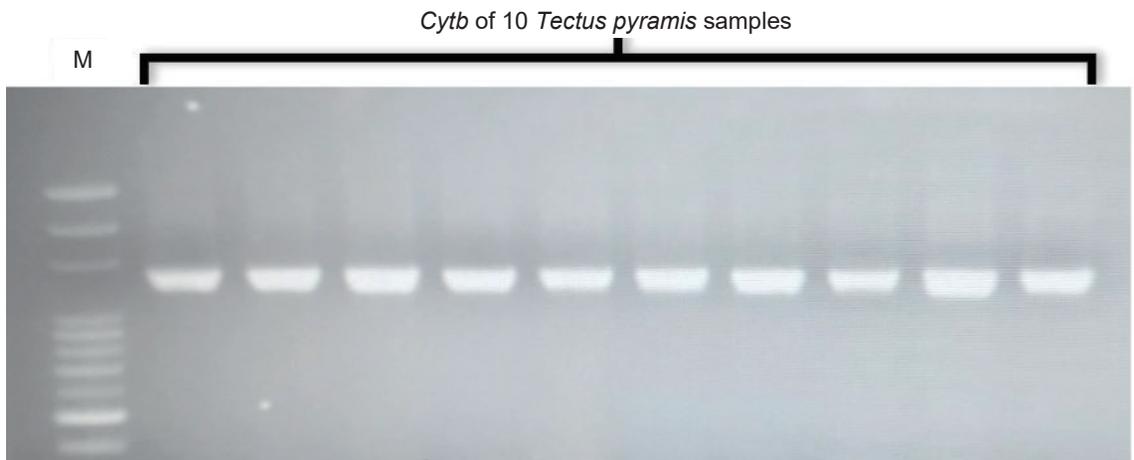


圖 2 以 PCR 增幅銀塔鐘螺 *Cytb* 序列之結果 (片段長約為 1,200 bp, M: DNA ladder, 分子量標準液)

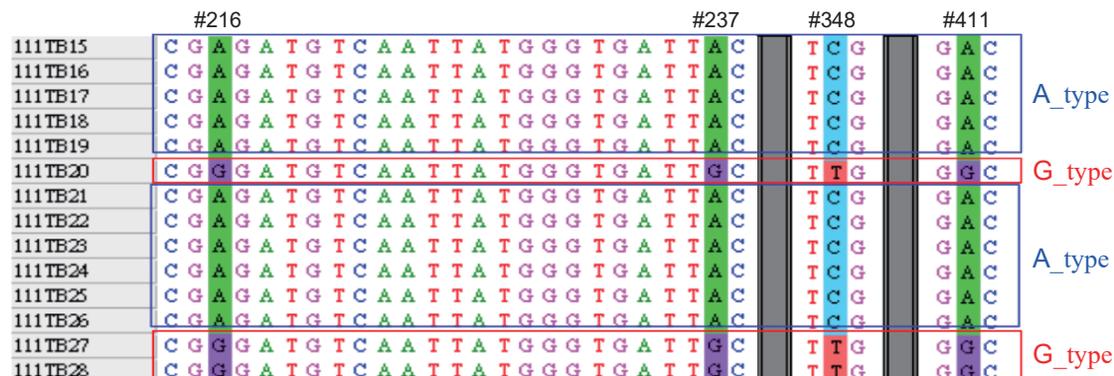


圖 3 經由序列分析，發現 *Cytb* 基因可由序列中第 216、237、348、411 鹼基分為 G_type 及 A_type 兩型，這些鹼基變異皆不改變轉譯的胺基酸

有這樣的分型可能需要更多年的資料及樣本數量累積才能作進一步之推論。分別對 2022 年採取之野生個體、繁殖放流個體以及 2023 年捕捉之個體進行兩型比例之比較 (表 1)，發現兩型比例有所差異，參考 Iwata (2007) 用基因型評估放流苗所佔野外族群比例的方式，粗估 2022 年放流銀塔鐘螺成長後所佔野外族群比例 $25.9\% \times F + 13.3\% \times (1-F) = 17.1\%$ ， $F = 30.15\%$ ，粗估結果得知，2022 年放流螺苗其所佔比例為三成左右，雖無法直接等同於族群增加量，但可得知放流之螺苗可順利在野外環境生存，加上實地勘查發現族群量有增加，可推斷本計畫之放流對於族群應該是有正面效益的，但放流效益受多種因素影響，目前雖已確認本所放流貝苗時已盡力避免與其他單位於同一地點放流，才

表 1 對 2022 年採取之野生個體、繁殖放流個體及 2023 年捕捉之個體進行比較，發現 G_type 以及 A_type 之比例有所差異

樣本來源	試驗個體數	G_type 個體數	G_type 比例(%)
2022 年青灣採集	30	4	13.3
2022 年繁殖放流	27	7	25.9
2023 年青灣採集	35	6	17.1

有辦法確認放流是否有實際效益，但仍須經費挹注及累積更多年資料並持續追蹤以確認長期放流效果。

未來展望及建議

評估魚貝苗放流效果的重要性及未來展望可以從以下幾個方面來討論：(1)評估資源復育成效：通過測試可以了解放流的魚貝苗存活率和生長情況，評估資源復育的實際效果。(2)優化放流策略：根據測試結果調整放流的時間、地點、數量等，提高放流成功率。(3)生態影響評估：可以研究放流對當地生態系統的影響，確保不會破壞生態平衡。(4)經濟效益分析：評估放流投入與漁業產出的比例，判斷放流的經濟可行性。(5)技術創新：開發更先進的標記和跟蹤技術，提高放流效果監測的精確度。(6)大數據應用：利用大數據分析優化放流決策，提高成功率。(7)跨領域合作：加強漁業、生態學、海洋學等多學科合作，全面評估放流效果。(8)社區參與：鼓勵當地社區參與監測，提高公眾對海洋資源保護的意識。