

綠島沿岸砵磔貝資源調查與復育策略

張致銜¹、翁進興¹、楊清閔¹、陳高松²、黃侑勛³、陳文泰⁴、陳哲明⁴、吳龍靜¹

¹水產試驗所沿近海資源研究中心、²企劃資訊組、³東部海洋生物研究中心、⁴臺東縣政府農業處

前言

砵磔貝 (giant clam) 為世界上現生體型最大的雙殼貝，主要分布在珊瑚礁生態系海域，尤以長砵磔蛤 (*Tridacna maxima*) 分布最廣數量最多，而臺灣現有 7 種砵磔貝的發現紀錄 (邵，2008；蘇，2014)。砵磔貝的外套膜顏色鮮豔具美麗螢光，其色澤來自外套膜內共生的蟲黃藻 (zooxanthelle)，其自體營養來源有 90% 就是由蟲黃藻行光合作用產生。砵磔貝的生活史相當長且成長緩慢，多以足絲附著於珊瑚礁，其定棲特性使得族群容易長期追蹤監測，因此經常被作為判斷珊瑚礁生態系健康的指標生物。

綠島位處黑潮流域及珊瑚大三角 (Coral Triangle) – 即印度-西太平洋 (Indo-West Pacific) 赤道熱帶島嶼海域之海洋生物多樣性熱區北緣，整個珊瑚大三角蘊藏了全球已知 76% 的珊瑚物種、37% 的珊瑚礁魚類。因此綠島也具有豐富的珊瑚礁生態系，沿岸海域環境極適合砵磔貝生長，過去海中的砵磔貝族群數量豐富，然而受到氣候、環境變化 (如颱風)、漁民採捕，近年來大型的砵磔貝已日漸稀少。2010 年綠島珊瑚礁體檢成果，砵磔貝族群密度 > 0.1 顆/100m²；也就是說，綠島的砵磔貝族群有恢復的潛力，但

需要時間讓小個體成長至最小性成熟體長，才有繁衍下一代的能力。臺東縣政府有鑑於此，自 2013 年起委託本所執行綠島海域砵磔貝資源調查，結果顯示綠島石朗與柴口保護區內的砵磔貝平均殼長較非保護區者大，而分布在綠島西邊沿岸的族群數量較豐，顯見保護區具有保育成效。

為保護綠島海域之砵磔貝生態資源，臺東縣政府於 2014 年公告修正綠島漁業資源保護區相關措施，規定「柴口分區」、「石朗分區」及「龜灣分區」海域為不可採捕保護區；此外，綠島全島沿岸潮間帶及自平均低潮線向外海延伸 200 m，皆禁止採捕殼長 15 cm 以下砵磔貝，違者處新臺幣 3 萬元以上 15 萬元以下罰鍰。

本所為長期掌握綠島沿岸砵磔貝資源，2018 年持續調查綠島海域現有砵磔貝資源狀況，同時記錄保護區內外之族群密度與分布，以作為資源保育策略依據，同時亦進行移植復育試驗，期使砵磔貝資源穩定復甦，族群永續生存。

材料與方法

一、砵磔貝資源調查

本研究依據許等 (2007) 之方法，利用

水肺潛水，以水下穿越線調查法在綠島沿岸海域進行調查。本調查自 2015 年起選定 27 處測站進行調查，考量調查作業能量與人力，以及夏季時調查點標記可能受颱風影響或水下地形改變，逐年調整測站數量。2018 年調查位置，選定歷年調查樣點中的 8 個測站，其中保護區共 6 個測站，分別為柴口 (N3、N6、N7)、石朗 (W2、W4、W5) 各 3 站；另外，鄰近之非保護區測站，則為柴口 (N9)、石朗 (W7) 各 1 站，皆沿用過去幾年調查已標定之測站編號。調查時間為 2018 年 4 月，記錄各個調查點之碑礫貝種類、數量、殼長，以及潛水水深及測站衛星定位等，以與先前調查結果進行比對。

相對於過去幾年，2018 年擴大穿越線之密度監測點範圍，調整為 100 m 長、左右各 5 m 寬，並劃分為 T1、T2、T3 三段，每一段 30 m，兩兩間隔 5 m (每一段面積為 300 m²、總面積為 900 m²)。依 GPS 定位點及過往已有之定位鋼釘作為測站起點，若尋找不到時，則以 GPS 定位點附近為起點，以利進行調查。

為維護水中調查員的安全與調查效率，儘量在停潮前後 1 小時內進行調查。返回實驗室後分析所得之影像與紀錄，進行種類鑑定、數量計數、標示相對位置與水深，其中碑礫貝殼長調查分析係運用擺放比例尺的方式或利用 25 cm 之方框照相，進行殼長比例換算，再採用 Image J 軟體進行殼長計測分析。

二、碑礫貝移植復育試驗

本研究移植之碑礫貝取自東部海域之野外貝類，為降低蓄養時死亡率，取得樣本隔

日馬上運送至綠島進行移植。運送過程係以裝有海水及濕白棉的保麗龍箱盛裝，抵達綠島後移放至大格箱子中並置於水質清澈之港口內。移植作業於 2018 年 5 月在綠島石朗、柴口保護區及溫泉港內等三處樣區進行，各樣區分別移植 15 顆碑礫貝，總計共 45 顆。移植時同時記錄種類、殼長、移植地點與周遭環境，並繪製簡易地圖以便爾後尋回。

依據往年移植經驗，潛水員於樣區中尋找適合碑礫貝生存地點，選定後將樣本放置於可提供固定之礁岩，以避免貝體傾斜，並在殼旁以塑鋼土固定標籤，碑礫貝於移植後會以足絲自行尋找合適點固定。3 個月後進行活存率調查。

另外本研究亦於本所東部海洋生物研究中心知本種原庫設置碑礫貝短期蓄養場所，針對被違規採捕之活體碑礫貝進行蓄養與治療，待其恢復健康後再移植至保護區，同時也作為種貝繁殖場域。

結果

一、碑礫貝資源調查

綠島海域常見之 4 種碑礫貝，以長碑礫蛤 (*Tridacna maxima*) (圖 1) 數量最多，其次則為諾亞碑礫蛤 (*T. noae*) (圖 2)，另也有少量的圓碑礫蛤 (*T. crocea*) 及鱗碑礫蛤 (*T. squamosa*)。

2018 年在 6 個保護區測站 (表 1) 中，共記錄到 96 顆碑礫貝，平均密度為 1.78 顆/100m²，低於 2015 年 (2.50 顆/100m²)，但高於 2016 年 (1.67 顆/100m²) 及 2017 年 (1.28 顆/100m²)；平均殼長為 11.84 ± 4.84 cm，大

型種貝 (殼長 15 cm 以上) 共有 33 顆 (佔 34.4%)，顯示保護區內有較多的大型種貝。族群則以長砵磔蛤為優勢物種，計有 75 顆 (78.1%)，次為諾亞砵磔蛤 (13 顆, 13.5%) 與鱗砵磔蛤 (6 顆, 6.3%)，另有 2 顆未鑑定出種類之砵磔貝。

非保護區的 2 個測站資料如表 1 所示，

共記錄到 55 顆砵磔貝，平均密度為 3.06 顆/100m²，平均殼長為 9.31 ± 4.43 cm，殼長 15 cm 以上共有 4 顆 (僅佔 7.3%)，而長砵磔蛤仍為優勢種，共計有 38 顆 (69.1%)，其餘為諾亞砵磔蛤 16 顆 (29.1%) 與鱗砵磔蛤 1 顆 (1.8%)。非保護區砵磔貝密度高於保護區，但殼長則小於保護區。



圖 1 長砵磔蛤 (*Tridacna maxima*)

圖 2 諾亞砵磔蛤 (*Tridacna noae*)



表 1 2018 年保護區內及非保護區之砵磔貝資源量密度調查

測站	數量(顆)	密度(顆/100m ²)	平均殼長(cm)	平均殼長標準差(cm)	最大殼長(cm)	最小殼長(cm)	15 cm 以上(顆)	長砵磔蛤(顆)	諾亞砵磔蛤(顆)	鱗砵磔蛤(顆)	未知(顆)
N3	16	1.78	14.08	3.80	19.69	6.08	9	15	1	0	0
N6	19	2.11	14.68	5.53	24.11	4.69	12	17	0	1	1
N7	11	1.22	12.63	5.81	21.30	4.80	3	9	0	2	0
N9	47	5.22	7.97	3.41	17.09	2.12	1	30	16	1	0
W2	9	1.00	12.24	4.24	18.43	6.30	3	6	3	0	0
W4	24	2.67	6.97	4.05	16.21	1.18	1	18	3	2	1
W5	17	1.89	10.44	5.60	17.49	2.37	5	10	6	1	0
W7	8	0.89	10.65	5.45	16.81	4.06	3	8	0	0	0
總計	151	2.10	11.21	4.74	24.11	1.18	37	113	29	7	2

N3-7：柴口保護區；W2-5：石朗保護區；共計 6 個測站

□：N9 與 W7 為非保護區；共計 2 個測站

個別測站之調查結果顯示，非保護區的 N9 測站記錄到 47 顆砵磔貝，密度為 5.22 顆/100m²，數量與密度均居所有測站之冠，種類以長砵磔蛤佔多數 (30 顆)，但其平均殼長僅 7.97 ± 3.41 cm，為所有樣區中最小者，大型種貝 (15 cm 以上) 僅紀錄到 1 顆。另一方面，在保護區的 6 個測站中，大型種貝樣本共調查到 33 顆，其中 N3 及 N6 測站中，大型種貝樣本佔該區總數的 50%；而 N7 測站記錄到 11 個個體，平均密度雖然僅 1.22 顆/100m²，但平均殼長達 12.63 cm，超過 20 cm 的個體有 3 個，顯示 N7 測站雖然砵磔貝密度不高，但個別生長狀況較其他區域為佳。

檢視 2015—2018 年綠島石朗保護區及鄰近非保護區海域砵磔貝資源調查結果 (圖 3) 顯示，石朗保護區密度以 2015 年的 2.93 顆/100m² 最高，2017 年的 0.93 顆/100m² 最低；鄰近非保護區 (W7 測站) 則以 2015 年的 1.40 顆/100m² 最高，2016 年的 0.60 顆/100m² 最低，保護區內的砵磔貝密度明顯高於鄰近非保護區。其中 2017 年因僅調查保護區範

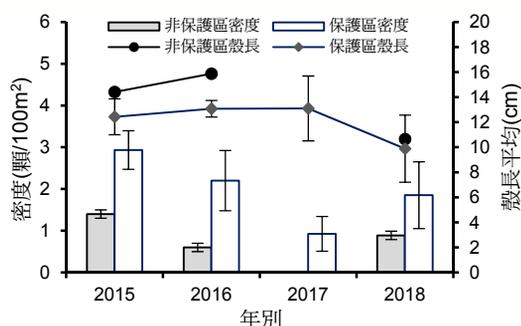


圖 3 2015-2018 年綠島石朗保護區及鄰近非保護區之砵磔貝資源密度調查情形

圍，未調查 W7 測站，故無非保護區資料。

石朗保護區內砵磔貝的平均殼長分布，以 2017 年的 13.10 cm 最高，2018 年的 9.89 cm 最低。鄰近非保護區 (W7 測站) 同樣也以 2015 年最高 (15.87 cm)，2018 年最低 (10.65 cm) (圖 3)，排除因 2017 年未調查 W7 測站之情況下，整體而言，保護區內砵磔貝的平均殼長分布略低於鄰近非保護區，但大致都介於 10—15 cm 左右。

柴口保護區及鄰近非保護區 2015—2018 年之調查結果如圖 4 所示，柴口保護區密度以 2015 年的 2.07 顆/100m² 最高，2016

年的 1.13 顆/100m² 最低；平均密度與石朗保護區相當，大約介於 1–2 顆/100m² 之間。至於鄰近非保護區 (N9 測站) 之族群密度以 2015 年的 6.80 顆/100m² 最高，2016 年則為 2 顆/100m²，其族群密度明顯高於保護區。

柴口保護區碑礫貝平均殼長以 2016 年的 15.71 cm 最高，2018 年的 13.80 cm 最低。而鄰近非保護區 (N9 測站)，最高為 2015 年的 9.54 cm 最高，最低為 2018 年的 7.97 cm (圖 4)，亦即柴口保護區內碑礫貝的平均殼長明顯大於非保護區，顯見柴口保護區對於大型種貝發揮了一定程度的保護效果。

2018 年調查顯示，非保護區的 2 個測站 (N9、W7) 之碑礫貝平均密度為 3.06 顆/100m²，高於鄰近保護區，但平均殼長 (9.31 cm) 則小於保護區。該 2 個測站之地理位置分處於綠島西北 (W7) 及北方 (N9)，而夏季颱風

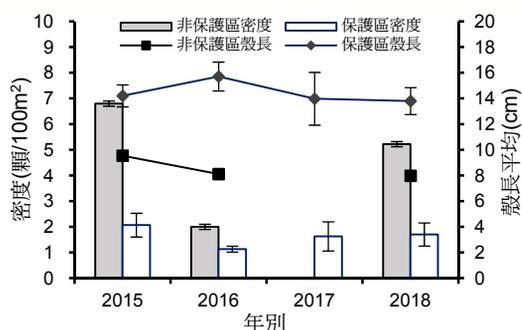


圖 4 2015-2018 年綠島柴口保護區及鄰近非保護區之碑礫貝資源密度調查情形

侵襲路徑以東方或南方機率較高，該 2 處測站因受到地形保護，受風災損害遠較其他地方為低，這可能是此二處密度較高的原因之一，未來將提高調查頻度以增加資料精確性。至於平均殼長方面，目前綠島周邊海域已全面禁止採捕殼長在 15 cm 以下的碑礫貝，但對於大體型貝反而沒有明確的禁捕規定，以致於非保護區測站呈現平均殼長較小的現象。

二、碑礫貝移植復育試驗

2018 年 5 月於石朗、柴口保護區兩處及溫泉港內一處，分別移植 15 顆碑礫貝，總計移植 45 顆，其中包括長碑礫蛤 17 顆 (平均殼長 8.88 ± 2.40 cm)、諾亞碑礫蛤 25 顆 (平均殼長 8.66 ± 2.06 cm) 及鱗碑礫蛤 3 顆 (平均殼長 8.57 ± 1.43 cm) (表 2)。

2018 年 8 月進行移植 3 個月後之活存率調查，所有碑礫貝的標籤皆已佚失，團隊按照移植時記錄之地圖位置及外套膜花紋交互比對，確認是否為原始移植之碑礫貝，結果在溫泉港尋回 7 顆、石朗 1 顆活的以及 2 個空殼，柴口則未發現 (表 2)。針對尋回的貝進行拍照並測量殼長，其中石朗保護區共移植 5 顆長碑礫蛤，3 個月後僅尋回 A13 (圖 5)，活存率為 20%，其殼長較初始成長了 1.79 cm。溫泉港內移植之諾亞碑礫蛤殼長以 C14

表 2 2018 年碑礫貝移植紀錄

種 類 測 站	長碑礫蛤		諾亞碑礫蛤		鱗碑礫蛤	
	移植數量 (活存數)(顆)	活存率(%)	移植數量 (活存數)(顆)	活存率(%)	移植數量 (活存數)(顆)	活存率(%)
石 朗	5 (1)	20	10 (0)	0	-	-
柴 口	4 (0)	0	10 (0)	0	1 (0)	0
溫 泉 港 內	8 (1)	12.5	5 (5)	100	2 (1)	50
總 計	17 (2)	11.7	25 (5)	25	3 (1)	33.3
平均殼長	8.88 ± 2.40 cm		8.66 ± 2.40 cm		8.57 ± 1.43 cm	

成長達 1.1 cm 最高，其次為 C04 及 C09 的 0.8 cm，活存率達 100%；長碑礫蛤僅尋回 C10，其殼長無變化，活存率為 12.5% (8 顆尋回 1 顆)；鱗碑礫蛤移植 3 個月後之活存率為 50%，尋回之 C15 殼長也無增長。

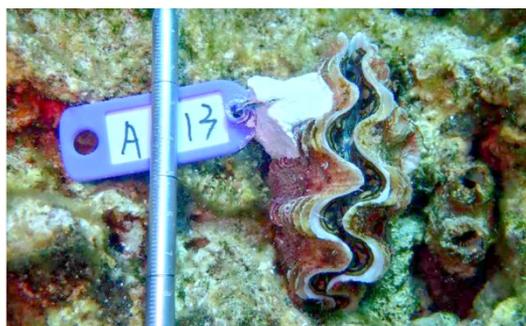
結語

碑礫貝易受到人為活動與捕撈之威脅，目前澎湖已全面禁止捕撈，而綠島也公告禁採捕殼長在 15 cm 以下的碑礫貝。2018 年調查了 6 個保護區測站，共記錄到 96 顆碑礫貝，平均密度為 1.78 顆/100m²，平均殼長約為 11.84 cm；非保護區 2 處，記錄到 55 顆碑礫貝，平均密度為 3.06 顆/100m²，平均殼長約為 9.31 cm，與往年相較，平均密度降低，推測可能因為 2018 年測站降為 8 處，調查範圍縮小所致。此外，2018 年所得結果竟然比 2016 年歷經嚴重颱風侵襲時之密度更低，令人甚感詫異，未來將增加調查頻度，以確保結果的正確性，另外也會朝向降低人為干擾、改善綠島海域棲地環境等方向努力。本次調查結果保護區內大型種貝共有 33 顆 (佔 34.4%)，仍顯示保護區有發揮保護種貝之功

能，未來可規劃成為適合培育與復育大型種貝資源的海域。

在碑礫貝移植方面，2018 年試驗性移植 45 顆碑礫貝至石朗、柴口保護區及溫泉港內，然而石朗、柴口保護區尋回率及活存率非常低；而非保護區之溫泉港內，由於屬於較封閉水域，且外來干擾較少，移植後尋回率為 46.7%，顯示移植選址時，宜選擇較封閉水域以提高活存率。未來移植策略上，除減少採用野外個體移植外，將參考本所澎湖海洋生物研究中心碑礫貝採樣標準操作過程，降低操作死亡率，調整生物標識方法，降低干擾因素。

在保護區的復育策略上，可參考帛琉或日本以觀光為導向，將人工苗移植在保護區內，達到一定數量後，使保護區內形成如碑礫貝水下城市，吸引民宿或潛水業者帶客前往觀賞，自然發展為觀光熱點，透過在地社區自發性管理形成義務性的保護及解說義工，在共識下遠比強制性執法效果好，而人潮也有助於降低盜獵風險，進而營造碑礫貝安全的棲息環境。此外，應加強宣導保育觀念，讓碑礫貝在移植後能順利成長，增加碑礫貝資源復育的機會。



移植前(8.0 cm)



移植後(9.79 cm)

圖 5 2018 年石朗保護區之長碑礫蛤 (編號 A13) 移植前後成長情形