

海洋委員會海洋保育署

110-C-35 臺灣碑礫貝及其他重要螺貝類調查及保育評估計畫
成果報告書

執行單位：國立中山大學海洋前瞻科技推展中心

主持人：劉莉蓮教授

共同主持人：蔡鋒樺助理教授、塗子萱助理教授

計畫參與人員：徐聖翔、賴威丞、林恩如、陳品嶧、林儀恩

中華民國 110 年 12 月

摘要

珊瑚礁生態系有超過 25% 以上的海洋生物物種居住在其中，屬於軟體動物門的碑礫貝、大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺因長期受採捕壓力影響，野外族群量已大幅減少；其中碑礫貝不但是珊瑚礁健康狀況的指標物種，也是華盛頓公約（CITES）附錄二的保護物種，臺灣過去進行調查時，大多未將各物種分別記錄，以致各別物種資源之現況不明。因此，本計畫針對生活於臺灣珊瑚礁生態系統之碑礫貝及其他重要螺貝類，包括大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺進行調查評估。結果顯示歷年碑礫貝類群密度為每一百平方公尺 0 - 11.2 隻；大法螺密度為每一百平方公尺 0 - 2 隻；馬蹄鐘螺密度為每一百平方公尺 0 - 3 隻；銀塔鐘螺為每一百平方公尺 0 - 3 隻；但這些物種都缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢無法評估。現地調查 12 樣點，觀察到 4 種碑礫貝，分別為圓碑礫貝、長碑礫貝、諾亞碑礫貝、鱗碑礫貝，碑礫貝平均密度為每一百平方公尺 0.25 - 6.75 隻，普遍有成體比例低，密度亦低的情形。12 樣點觀察到大法螺 2 隻、無馬蹄鐘螺、銀塔鐘螺 11 隻，但日間調查可能低估這三種螺類的族群數量。依《IUCN 紅皮書類別及標準》及「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑礫貝保育等級，菱碑礫貝、扇碑礫貝、巨碑礫貝為 IUCN 極危(CR)等級或需列入保育類野生動物狀態。由於臺灣碑礫貝基礎生物學的資料非常欠缺，除了諾亞碑礫貝和長碑礫貝有生殖及稚貝成長研究，其它物種完全沒有資料，因此本評估無本土資訊時，則以其它地區的生物學資料納入分析，評估之準確性有待驗證，在解讀與引用本分析結果時必需有所保留。此外，目前還有採捕壓力，加上棲地破壞、人為活動干擾如觀光、潛水、營養鹽輸入、有機物汙染、微量金屬汙染、沉積物覆蓋、氣候暖化引發碑礫貝白化，海洋酸化影響碑礫貝造殼及成長對碑礫貝的生存都有威脅，因此若無碑礫貝相關之管理或保育措施，碑礫貝恐有族群數量更快速下降的危機。

Abstract

Coral reef ecosystems are important habitats for more than 25% of marine life. Due to heavy fishery pressure, populations of giant clams, giant triton *Charonia tritonis*, commercial top shell *Rochia nilotica*, and pyram top shell *Tectus pyramis* are declining worldwide. And giant clams are listed in Appendix II of CITES. In Taiwan, the population density of the clams and snails is unknown. Therefore, this project is undertaken to investigate the current status of these species. And, the conservation assessments on giant clams were also evaluated. Based on literature records, the densities of giant clams, giant triton, commercial top shell, and pyram top shell were 0 - 11.2 individual /100m², 0 – 2 individual/100m², 0 individual /100m², and 0 – 3 individual /100m², respectively. An island-wide survey was conducted in 2021 on 12 sites. Observed giant clam species were *T. crocea*, *T. maxima*, *T. noae*, and *T. squamosa*. The densities of these giant clams were 0.25 – 6.75 individual /100m², and adults were much less than juveniles. The number of observed giant triton, commercial top shell, and pyram top shell were 2, 0, and 11 individuals in the 12 sites. Based on the criteria of IUCN and the Ocean Conservation Administration, the conservation level of giant clams was evaluated. Among the seven giant clam recorded species, *H. hippopus*, *T. derasa*, and *T. gigas* are critically endangered (CR) or need conservation. Due to the lack of local giant clam research, the accuracy of the assessment needs to be verified. In all, giant clams in Taiwan are still under the pressures of harvesting, habitat destruction, tourist activities, pollutions of nutrients, organic compounds, and trace metals, sedimentation, climate change, and ocean acidification. Actions on management and developing conservation strategies are needed to avoid further decline.

目錄

摘要.....	1
目錄.....	3
圖目錄.....	5
表目錄.....	7
前言.....	8
1.1 研究背景.....	8
1.2 計畫目標.....	14
1.3 作進度規劃.....	14
1.4 預期效應.....	16
執行方法.....	17
2.1 碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集.....	17
2.2 碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查.....	17
2.3 研訂碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊.....	18
2.4 進行碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估.....	18
2.5 研擬臺灣碑礫貝保育計畫.....	18
結果與討論.....	19
3.1 碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集.....	19
3.1.1 碑礫貝基礎生物學.....	19
3.1.2 臺灣周邊海域碑礫貝各調查地點歷年密度變化.....	24
3.1.3 臺灣周邊海域大法螺各調查地點歷年密度變化.....	33
3.1.4 臺灣周邊海域馬蹄鐘螺各調查地點歷年密度變化.....	33
3.1.5 臺灣周邊海域銀塔鐘螺各調查地點歷年密度變化.....	34
3.2 碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查.....	35
3.2.1 野外碑礫貝及其它重要螺貝類調查結果.....	36
3.2.2 碑礫貝形態及分子鑑定比對結果.....	55
3.3 研訂碑礫貝及其它重要螺貝類調查紀錄手冊.....	57
3.3.1 潛水安全規範.....	57
3.3.2 物種辨識.....	59

3.3.3 碑礫貝及其它重要螺貝類野外調查方法	73
3.4 碑礫貝保育等級評估	74
3.4.1 全球性碑礫貝保育等級評估.....	74
3.4.2 臺灣碑礫貝保育等級評估.....	75
3.5 臺灣碑礫貝保育計畫	93
結論與建議.....	99
參考文獻.....	101
期中審查意見回復表.....	108
期末審查意見回復表.....	112
附錄 1. 碑礫貝參考文獻.....	116
附錄 2. 大法螺參考文獻.....	118
附錄 3. 馬蹄鐘螺參考文獻.....	120
附錄 4. 銀塔鐘螺參考文獻.....	122
附錄 5. 臺灣碑礫貝保育計畫書.....	124

圖目錄

圖 3-1 碑磔貝屬 (<i>Tridacna</i>) 及 碑螯貝屬 (<i>Hippopus</i>) 貝殼各部位名稱	22
圖 3-2 小琉球潮間帶白化的碑磔貝	23
圖 3-3 新北市歷年碑磔貝平均密度變化	26
圖 3-4 臺東歷年碑磔貝平均密度變化	26
圖 3-5 墾丁歷年碑磔貝平均密度變化	27
圖 3-6 綠島歷年碑磔貝平均密度變化	27
圖 3-7 綠島各物種碑磔貝的平均密度變化	28
圖 3-8 蘭嶼歷年碑磔貝平均密度變化	28
圖 3-9 小琉球歷年碑磔貝平均密度變化	29
圖 3-10 澎湖各物種碑磔貝的平均密度變化。	29
圖 3-11 馬蹄鐘螺歷年平均密度變化	35
圖 3-12 銀塔鐘螺歷年平均密度變化	35
圖 3-13 本計劃之 12 個調查樣點	41
圖 3-14 現地調查地點，臺東杉原海岸	42
圖 3-15 現地調查地點，臺東基翬海岸	42
圖 3-16 臺東各樣點碑磔貝密度	43
圖 3-17 杉原淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	43
圖 3-18 杉原深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	43
圖 3-19 基翬淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	44
圖 3-20 基翬深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	44
圖 3-21 墾丁各樣點碑磔貝密度	45
圖 3-22 後壁湖淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	45
圖 3-23 後壁湖深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	45
圖 3-24 紅柴坑淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	46
圖 3-25 紅柴坑深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	46
圖 3-26 後灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	46
圖 3-27 後灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	47
圖 3-28 香蕉灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	47
圖 3-29 香蕉灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	48
圖 3-30 入水口淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	48
圖 3-31 入水口深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	48
圖 3-32 蘭嶼各樣點碑磔貝密度	49
圖 3-33 開元港淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	49
圖 3-34 開元港深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	49
圖 3-35 玉女岩淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	50
圖 3-36 玉女岩深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	50

圖 3-37 小蘭嶼西測站（北）穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	50
圖 3-38 小蘭嶼西測站（南）穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	51
圖 3-39 七美各樣點碑磔貝密度	51
圖 3-40 小台灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	51
圖 3-41 小台灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	52
圖 3-42 月鯉灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	52
圖 3-43 月鯉灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖	52
圖 3-44 粒線體基因體內 16S rRNA 片段以最大似然法（Maximum Likelihood）建構的親緣關係樹	56
圖 3-45 菱碑磔貝之形態及外觀	62
圖 3-46 菱碑磔貝殼之形態及外觀	62
圖 3-47 圓碑磔貝之形態及外觀	63
圖 3-48 圓碑磔貝殼之形態及外觀	63
圖 3-49 扇碑磔貝之形態及外觀	64
圖 3-50 扇碑磔貝殼之形態及外觀	64
圖 3-51 巨碑磔貝之形態及外觀	65
圖 3-52 巨碑磔貝幼貝貝殼之形態及外觀	65
圖 3-53 巨碑磔貝殼之形態及外觀	65
圖 3-54 長碑磔貝之形態及外觀	66
圖 3-55 長碑磔貝殼之形態及外觀	66
圖 3-56 諾亞碑磔貝之形態及外觀	67
圖 3-57 諾亞碑磔貝殼之形態及外觀	67
圖 3-58 鱗碑磔貝之形態及外觀	68
圖 3-59 鱗碑磔貝殼之形態及外觀	68
圖 3-60 大法螺之形態及外觀	72
圖 3-61 馬蹄鐘螺之形態及外觀	72
圖 3-62 銀塔鐘螺之形態及外觀	73
圖 3-63 長碑磔貝於各樣點之成熟個體比率圖	77
圖 3-64 長碑磔貝於各樣點之年齡分佈圖	78
圖 3-65 諾亞碑磔貝於各樣點之成熟個體比率圖	79
圖 3-66 諾亞碑磔貝於各樣點之年齡分佈圖	80
圖 3-67 鱗碑磔貝於各樣點之成熟個體比率圖	81
圖 3-68 鱗碑磔貝於各樣點之年齡分佈圖	82

表目錄

表 1-1 全世界碑礫貝之現生種列表及國際保育等級.....	12
表 1-2 臺灣碑礫貝記錄種之形態特徵表	13
表 3-1 碑礫貝歷年調查方法	30
表 3-4 臺灣碑礫貝記錄種之形態特徵表	71
表 3-5 海洋野生動物評估分類作業要點一覽表	83
表 3-6 國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標一覽表	88
表 3-7 碑礫貝依『海洋野生動物評估分類作業要點』評估保育等級一覽表	94

前言

1.1 研究背景

生物多樣性代表的是在特定區域內所有物種的種類組成，珊瑚礁生態系被公認為生物多樣性最高的區域，其生物多樣性更勝於熱帶雨林生態系。雖然只占地球不到千分之一的海洋面積，卻有超過 25% 以上的海洋生物物種居住在珊瑚礁生態系中，如構成珊瑚礁生態系的棲地建構者，各式各樣的珊瑚、藻類、海草、海綿、魚類、蝦蟹、螺貝、海龜等都是珊瑚礁生態系統的成員。高生物多樣性同時也有助於提升珊瑚礁生態系在面臨環境變動時的穩定性，但近年越來越多研究顯示全世界的珊瑚礁生態系因全球暖化、海洋酸化等環境變遷因素而面臨嚴峻危機 (Bridge et al., 2013)。相較之下，因採捕壓力導致特定物種族群量大幅下降則面臨較少的關注，例如軟體動物中的螺貝類有些因形狀奇特，有些是經濟性食用種，因長期遭人類採捕，造成族群數量低落，這不但是全球性的問題且由來已久。臺灣的珊瑚礁生態系統也不例外，鄭 (2002) 提及臺灣多種生活在珊瑚礁的螺貝類都有族群瀕臨絕種的危機，如黃金寶螺 (*Cypraea aurantium*)、酒桶寶螺 (*Cypraea talpa*)、黑星寶螺 (*Cypraea tigris*)、海兔螺 (*Ovula ovum*)、大法螺 (*Charonia tritonis*)、夜光蝾螺 (*Turbo marmoratus*)、馬蹄鐘螺 (*Rochia (Trochus) nilotica*)、駱駝螺 (*Lambis truncata*)、蜘蛛螺 (*Lambis lambis*)、紅袖鳳凰螺 (*Euprotomus (Strombus) bulla*)、驢耳鮑螺 (*Haliotis asinina*)、角赤旋螺 (*Pleuroploca trapezium*)、長碑礫貝 (*Tridacna maxima*)、鱗碑礫貝 (*Tridacna squamosa*)、黑蝶珍珠蛤 (*Pinctada margaritifera*) 等物種，因有亮麗的殼色、特殊的形狀，或形成珍珠，或有很高的食用價值而被大量採捕，其中又以大型食用種受到的影響最大，如大法螺、夜光蝾螺、馬蹄鐘螺、驢耳鮑螺、長碑礫貝、鱗碑礫貝等。為保護已過度利用的貝類資源，澎湖縣已公告將九孔 (*Haliotis diversicolor*)、鐘螺 (未明確限定物種)、大法螺：碑礫貝、黑石蜆 (*Lithophaga teres*)、大白狐蛤 (*Lima vulgaris*) 和山羊海菊蛤 (*Spondylus squamosus*) 等列為保育或禁止採捕的物種，且戴等(2017)也對山羊海菊蛤進行初步的繁殖與胚胎發育實驗。除了螺貝類，其它無脊椎動物也有過漁的情形，例如鉛筆海膽因外形特殊已被過量採集，目前在臺灣海域也幾乎完全絕跡，因此，海洋生物資源量下降是共通的現象。

事實上，珊瑚礁生態系的螺貝類有數百種之多，牠們的角色也各有不同，例如碑礫貝、黑蝶珍珠蛤與牡蠣為濾食性物種，蝾螺、鐘螺、驢耳鮑螺以藻類為食，寶螺為雜食性、紅袖鳳凰螺、駱駝螺、蜘蛛螺為碎屑捕食者，海兔螺、大法螺、角赤旋螺為肉食性物種，其中大法螺的捕食對象包

含了對珊瑚危害甚深的棘冠海星（*Acanthaster planci*），大法螺除了直接捕食棘冠海星外，也會影響牠們的移動及行為反應（Peacor & Werner 2008, Schlaff et al. 2020）。目前研究顯示若長年過度捕撈這些物種，將導致野外族群量降低，並弱化珊瑚礁生態系統的結構與功能。

珊瑚礁區螺貝類的重要性如何決定？若以南太平洋島國利用漁業資源的角度切入，重要的螺貝類有魁蛤（*Anadara* spp.）、厚殼蛤（*Gafrarium* spp.）、圓螞螺（*Turbo setosus*）、馬蹄鐘螺和黑蝶珍珠蛤（Dalzell & Adams, 1997）。在 Pakoa 等人（2014）研究太平洋島國的珊瑚礁螺貝類資源時，則將馬蹄鐘螺、夜光螞螺、圓螞螺、長碑碟貝、圓碑碟貝、鱗碑碟貝、扇碑碟貝、巨碑碟貝、菱碑碟貝、魁蛤及厚殼蛤視為重要物種。而目前國際上用來評估珊瑚礁生態系統健康狀況的螺貝類指標物種則是碑碟貝和大法螺，此國際通用的調查方法由美國學者 Dr. G. Hodgson 提出，稱之為「珊瑚礁體檢」（Reef Check）（Hodgson et al., 2006），例如 Hopkins（2009）和 Verdadero et al.（2017）均以此法進行珊瑚礁生態系統調查；但在澳洲珊瑚礁體檢調查時，除了選擇過漁之碑碟貝、大法螺和馬蹄鐘螺，也選擇吃食珊瑚蟲影響珊瑚健康的梭岩螺 *Drupella* spp. 為指標物種（Hill & Loder 2013）。由上可知，在界定珊瑚礁生態系統重要螺貝類時，並沒有一致的標準，但生態系統功能性以及漁業捕撈壓力是兩大主要判定依據，因此，多數因過漁致資源枯竭的食用物種就常被界定為珊瑚礁生態系統重要的螺貝類。

我國在 1996 年成立臺灣珊瑚礁學會後，每年皆為臺灣珊瑚礁進行總體檢活動，除調查珊瑚覆蓋率變化外，評估項目也包含棲息在珊瑚礁區內大型動物數量的變化，其中魚類的指標物種有 9 種，分別為蝶魚、石鱸、七星斑、鸚哥魚、老鼠斑、裸胸鯙、隆頭鸚哥魚、隆頭魚、笛鯛；無脊椎動物也有 9 種，包含魔鬼海膽、馬糞海膽、鉛筆海膽、棘冠海星、海參、大法螺、碑碟貝、龍蝦、櫻花蝦；但因有些指標物種是類群的統稱，所以實際上指標物種的總數超過 18 種，以海參為例，臺灣就有梅花參（*Thelenota ananas*）、黑赤星海參（*Holothuria cinerascens*）、黑海參（*Halodeima atra*）等物種；雖然如此，珊瑚礁體檢歷年調查成果還是可以看出臺灣的珊瑚礁生態系統有珊瑚覆蓋率低、缺乏大型的魚類（如石斑魚、鸚哥魚）和無脊椎動物（如龍蝦、碑碟貝、大法螺、馬糞海膽）等，還有健康狀況不佳的情形（社團法人台灣環境資訊協會，<https://teia.tw/>），可能的影響原因有氣候變遷、海洋酸化及人為干擾之過漁、沿岸開發、污染等。

在這些珊瑚礁生態系的螺貝類當中，碑碟貝是較大型的物種，在大部分棲地皆有族群數量低的危機，由於碑碟貝也是珊瑚礁健康狀況的指標物

種，其族群存續與保育也就更受到關注 (Neo et al., 2015b)，因此碑礫貝在 1983 年就被列入華盛頓公約附錄二 (CITES Appendix II)，附錄二的物種野外族群雖無立即滅絕的危機，但若不加以嚴格管理，族群將有滅絕危險，由於碑礫貝過度利用是全球共通的問題，所以全球在碑礫貝的保育上也有高度的共識。

碑礫貝一詞包含了分類系統中雙殼貝綱 (Bivalvia)、鳥尾蛤科 (Cardiidae)、碑礫貝亞科 (Tridacninae) 下所有物種，根據 World Register of Marine Species (WoRMS，世界海洋物種資料庫) 記錄，本亞科目前包含了 2 屬 12 種物種 (表 1-1)，其中諾亞碑礫貝過去被認為是長碑礫貝之隱蔽種，Tang (2005)、Kubo and Iwai (2007a)、Huelsken et al. (2013) 等人以形態及分子生物學特徵，指出長碑礫貝內有一隱蔽種，蘇等人 (Su et al., 2014a) 的研究也發現此一事實並確認其學名為諾亞碑礫貝 (*Tridacna noae*)，相關成果在 2014 年發表於 The Raffles Bulletin of Zoology 期刊。臺灣碑礫貝的物種紀錄有六種 (邵等, 2008)，分別為菱碑礫貝、鱗碑礫貝、圓碑礫貝、長碑礫貝、巨碑礫貝和扇碑礫貝，加上諾亞碑礫貝應有 7 種 (表 1-2)，但近年的調查結果皆只記錄到 5 種 (Su et al., 2014b; 蘇、劉, 2015)，其中最常見的是長碑礫貝和諾亞碑礫貝，鱗碑礫貝和圓碑礫貝偶而見到，菱碑礫貝近 20 年僅在太平島與東沙島有紀錄 (蘇、劉, 2015)，巨碑礫貝和扇碑礫貝這二種的野外存活個體則未曾觀察或報導過。

臺灣過去碑礫貝的調查文獻大多沒有明確指出是何物種，而是以碑礫貝統稱，但碑礫貝一詞至少有五種現生物種，每種的最大殼長也有差異，若用這些歷史資料做進一步的危急程度評估，將造成不當引用與錯誤的結論，要提出適當的保育策略及有效的復育方式也有困難，因此，需要透過收集舊有資料，逐一檢視，才能將其中可用的資料整理出；例如陳、鄭 (2019) 執行 108 年度南沙太平島珊瑚礁生態系調查，計畫報告提到碑礫貝在太平島北岸與南岸測站的密度為 11 隻/百公尺，殼長分布主要介於 10–30 公分間；2020 年澎湖馬公珊瑚礁體檢成果報告提到，碑礫貝在山水的密度為 2 隻/百公尺 (洪, 2020)，這些混種的數據就有機會得到錯誤的結論；但楊等 (2015、2018) 在綠島的調查資料有將碑礫貝各別物種分開，就沒有這類的問題。

除此之外，同樣是珊瑚礁指標物種的大法螺一詞亦包含了法螺科 Ranellidae、大法螺屬 *Charonia* 下所有物種，目前全球之現生物種有 5 種，臺灣則有白法螺 *Charonia lampas* 和大法螺。大法螺野外調查結果可能也和碑礫貝調查有類似的問題，而其它非珊瑚礁指標物種的螺貝類調查資料更是零星，也有蒐集統整的需要。

碑礫貝展開人工繁養殖等復育相關工作在臺灣也已超過二十年（張，2006），農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心、海洋國家公園管理處（陳，2013）、澎湖縣政府、臺東縣政府、中山大學宋克義教授在科技部的支持下也陸續投入，但受寒害及病蟲害等問題影響，提供野放復育所需的量產技術仍有待提升。郭（2020）執行 貴署「109 年度華盛頓公約附錄海洋物種資料調查計畫」，評估 CITES 附錄中的 59 種海洋生物，也提及碑渠貝所有物種並未列入我國「海洋保育類野生動物名錄」，目前僅澎湖縣政府與臺東縣政府禁止碑礫貝採捕僅少數縣市或保護區有碑礫貝的管理規範。整體而言，碑礫貝貿易頻繁，而野外族群易遭採集或盜採，其研究缺口及危急程度均高，卻從未進行將其列入保育類野生動物名錄之評估，與其它 CITES 物種相比較，目前亦較少相關管理措施，亟待保育工作展開。

由於現階段我國「海洋保育類野生動物」名錄內未涵蓋任何軟體動物門物種，所以，我國珊瑚礁生態系統之碑礫貝及其他重要螺貝類的物種多樣性、分布和族群量調查資料亟需盤點，以為後續保育工作評估及推動之依據。本計畫除以碑礫貝為主要調查物種外，大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺（*Tectus pyramis*），因長期承受採捕壓力也將納入評估標的，因此，本計畫之工作項目有碑礫貝及其他重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）資源及分布文獻蒐集、現地族群調查、研訂碑礫貝調查紀錄方式，並進行碑礫貝是否列入海洋保育類野生動物名錄之評估，同時配合海保署，於邀請專家學者及權益關係人開會時，協助碑礫貝保育復育之討論及保育計畫之研擬。

表 1-1 全世界碑礫貝之現生種列表及國際保育等級。* 臺灣有記錄之物種。

學名	中文名	IUCN 紅皮書 / 最後評估時間	華盛頓公約	IUCN 紅皮書 (本計畫)
<i>Hippopus hippopus</i> (Linnaeus, 1758)*	菱碑礫貝	低危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Hippopus porcellanus</i> Rosewater 1982	瓷菱碑礫貝	無危		
<i>Tridacna crocea</i> Lamarck, 1819*	圓碑礫貝	無危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna derasa</i> (Röding, 1798)*	扇碑礫貝	易危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Tridacna elongatissima</i> Bianconi, 1856		無危		
<i>Tridacna gigas</i> (Linnaeus, 1758)*	巨碑礫貝	易危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Tridacna maxima</i> (Röding, 1798)*	長碑礫貝	低危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna mbalavuana</i> Ladd, 1934	魔鬼碑礫貝	低危／1996		
<i>Tridacna noae</i> (Röding, 1798)*	諾亞碑礫貝	低危／1996*	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna rosewateri</i> Sirenko and Scarlato 1991	羅氏碑礫貝	無危		
<i>Tridacna squamosa</i> Lamarck, 1819*	鱗碑礫貝	低危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna squamosina</i> Sturany 1899	似鱗碑礫貝	無危		

註：碑礫貝野外族群狀態評估完成於 1996 年，當時諾亞碑礫貝被視為長碑礫貝的同種異名物種，未被納入 IUCN 評估報告中，此處的等級是參照長碑礫貝的保育等級

表 1-2 臺灣碑磔貝記錄種之形態特徵表。

中文名	菱碑磔貝	圓碑磔貝	扇碑磔貝	巨碑磔貝	長碑磔貝	諾亞碑磔貝	鱗碑磔貝
最大殼長(cm)	50	15	60	137	42	28	43
足絲孔	無	大	小	幼貝小， 成貝癒合	大	大	中等
棲息處	底質上	多於底質內	底質上	底質上	部分或全部於底質上	部分或全部於底質上	底質上
放射肋	8-12	4-5	無或不明顯	4-5	4-6	5-7	4-5
鱗片	不發達	發達或不發達	不發達	發達或不發達	通常發達	通常發達	大且發達
外套膜伸展	不超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣
外套膜底色	綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕
外套膜邊緣花紋	淡色細長條紋	點狀或斑塊狀花紋	藍色細條帶	深色寬條帶	點狀或斑塊狀花紋	水滴狀花紋	斑塊狀花紋
外套膜邊緣眼點	無	密集外有一圈深或淺色花紋	排列鬆散	稀疏藍色空心或實心圓點	排列密集	排列鬆散	排列稀疏

1.2 計畫目標

- 一、完成碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集工作並提出成果。
- 二、完成碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查工作並提出成果。
- 三、完成碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊撰寫工作。
- 四、完成碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估工作並提出成果。
- 五、完成臺灣碑礫貝保育計畫撰寫工作。

1.3 作進度規劃

- 一、本年度計畫期程：自 2021 年 5 月 12 日起至 2021 年 12 月 20 日止。
- 二、期中進度（將於 2021 年 7 月 30 日前繳交期中報告）：
 1. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集初步成果。
 2. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查初步成果。
 3. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊初步成果。
 4. 提出臺灣碑礫貝保育計畫初稿。
- 三、期末進度（將於 2021 年 11 月 22 日前繳交期末報告）：
 1. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集成果。
 2. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查成果。
 3. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊成果。
 4. 提出碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估。
 5. 提出臺灣碑礫貝保育計畫。

各工作項目預定的執行進度如下表：

工作項目	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月
月份	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
研訂碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
進行碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估		-----	-----	-----	-----	-----	-----	
研擬臺灣碑礫貝保育計畫		-----	-----	-----	-----	-----	-----	
期中/期末報告			-----				-----	
結案成果報告								-----
工作進度估計 百分比(累積數)	10	30	50	60	70	80	90	100

1.4 預期效應

- 一、完成碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集工作並提出成果。
- 二、完成碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查工作並提出成果。
- 三、完成碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊撰寫工作。
- 四、完成碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估工作並提出成果。
- 五、完成臺灣碑礫貝保育計畫撰寫工作。

上述工作執行成果可對國內珊瑚礁生態系碑礫貝及其他重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）的資源現況有初步了解，可作為未來推動相關研究與評估保育政策的參考依據。此外，本案執行期間聘任之在學研究生及專任助理，參與蒐整國內外相關資料及現地調查，在計畫執行過程中同時培養珊瑚礁螺貝類生態研究人才，對我國發展海洋科學做出貢獻。

執行方法

2.1 碑礫貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集

蒐集歷年碑礫貝及其他重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）資源及分布文獻，資料來源包括珊瑚礁生態調查報告、歷年珊瑚礁總體檢，觀光資源調查報告、碩博士研究論文、國內外期刊、網路資料、潛水業者經驗、政府單位如水產試驗所等機關經驗，統整蒐集資訊，了解碑礫貝及其他重要螺貝類物種在臺灣之分布、族群量及歷年變動情形。

2.2 碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查

透過歷年碑礫貝及其它重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）資源及分布文獻蒐集、潛水業者訪談等資訊，整理出曾進行調查之地點及物種類群數量等資料，並考量計畫目標，選擇蘭嶼椰油（開元港）和朗島（玉女岩）、臺東基翬、墾丁入水口、香蕉灣和後灣以及七美月鯉灣和小臺灣共 8 個地點進行調查。針對上述調查地點，以國際上常用的「穿越帶」（transect）調查法進行現地調查（Hodgson et al., 2006），每次調查至少六名潛水人員，依照調查地點地形以岸潛或船潛方式進行。

雖然國外參考文獻曾提及在東加等海水清澈地區，碑礫貝可分佈至水深 30 公尺以下，但水深 10 公尺以淺是碑礫貝主要的分布場域（Neo et al., 2017），由於本計畫主要目的為調查碑礫貝野外族群數量，以便評估其是否有納入保育類的必要性；因此，本計畫調查水深以碑礫貝主要分布區域為考量依據，每個地點依照實地狀況，選取含平行海岸線之淺（約 5 公尺深）、深（約 10 公尺深）共二樣區，每個樣區內設置四條 20 公尺穿越帶，每條穿越帶以皮尺為中心，二側各 2.5 公尺，共 400 平方公尺範圍內（Hodgson et al., 2006；<https://www.reefcheck.org/tropical-program/tropical-monitoring-instruction/>），若有碑礫貝或其他重要螺貝類，就進行目標物種拍照，記錄其種類及大小，螺貝類不同物種殼長大小測量方式參考 Pakoa et al.（2014）。殼長大小調查結果將以直方圖呈現，以了解調查區域內碑礫貝不同物種的族群殼長結構。此外，每一地點在定量調查完成後，另進行擴大調查範圍的潛水普查工作，進行方式為繼續留在現地往測線外擴大蒐尋，以為定性分析的依據。

在現地進行調查生態影像拍攝時，盡量避免干擾碑礫貝，使其外套膜維持伸展在殼外的狀態，才能藉由觀察碑礫貝外套膜上的花紋及顏色辨識其種類。為了比對碑礫貝不同物種的形態以及分子生物學特徵，於各樣點採集碑礫貝的組織帶回實驗室，以進行分子定序分析。採集樣本前會先以照片記錄碑礫貝外觀形態，並以形態特徵進行物種鑑定。抽取組織時，以

組織針在碑礫貝出水口左邊靠近殼緣側，第一放射肋處（圖 3-1）抽取少量組織，並將採集的組織以 95% 酒精固定保存。

利用 DNA 萃取套組萃取碑礫貝的 DNA，以聚合酶連鎖反應（polymerase chain reaction, PCR）增幅粒線體基因體內 16S rRNA 片段，所使用的引子對為 16Sar 5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3' 及 16Sbr 5'-CCGGTCTGAACTCAGATCACGT-3'（Kessing et al., 1989）。PCR 的條件如下：94°C 五分鐘；94°C 一分鐘，48°C 一分鐘，72°C 一分鐘，共 30 個循環；最後是 72°C 五分鐘。接下來將 PCR 產物，以電壓 100V 之條件，進行瓊脂電泳分析 30 分鐘，將膠體以紫外光顯影拍照。確認 PCR 產物之片段長度正確及濃度足夠後，將 PCR 產物送到定序廠商處進行定序分析。取得序列後，將序列與國家生物技術信息中心（National Center for Biotechnology Information, NCBI）上的序列，以及搜索工具（BLAST）進行比對，再將所有序列進行親緣關係分析，以確認物種，序列分析使用之軟體為 raxmlGUI 2.0，以最大似然法（Maximum Likelihood, ML），1000 重複 bootstrap，進行親緣關係樹分析。

2.3 研訂碑礫貝及其他重要螺貝類調查紀錄手冊

依據前述文獻蒐集與實際調查資料及影像，撰寫碑礫貝及其他重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）物種形態特徵、如何辨識之野外調查手冊。

2.4 進行碑礫貝及其他重要螺貝類保育等級評估

蒐集碑礫貝及其他重要螺貝類（包含大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺）相關族群或生態資料、並參考海洋保育署所頒布的「海洋野生動物評估分類作業要點」，進行碑礫貝保育等級評估，獲得結果未來可供海洋保育署辦理之相關會議進行討論，以便評估碑礫貝是否列入海洋保育類野生動物，若列入海洋保育類野生動物則需評估其危急程度。

2.5 研擬臺灣碑礫貝保育計畫

參考國內外碑礫貝調查、監測、保育及復育措施相關文獻資料、案例後，研析撰稿，手冊內包含臺灣目前有分布紀錄的碑礫貝物種的辨識特徵，且配合海洋保育署於辦理碑礫貝保育計畫相關工作坊或會議時，協助邀集專家學者與權益關係人商討及研擬臺灣碑礫貝保育計畫。

結果與討論

3.1 碑磔貝及其他重要螺貝類資源及分布文獻蒐集

本計畫之目標物種有碑磔貝、大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺，各物種資源及分布文獻蒐集結果分述如下。

3.1.1 碑磔貝基礎生物學

碑磔貝是世界上最大型的雙殼貝，主要分布在印度洋、太平洋地區，海水溫度介於 24~30°C 的熱帶珊瑚礁淺海域，碑磔貝在珊瑚礁生態系中提供的功能包含提供捕食者或其它掠食者的食物來源；排放共生藻、排泄物以及配子是機會主義者的食物來源；其外殼除了有保護自己的功能，也是其它生物的居所，供給珊瑚、藻類、海綿、管蟲、海鞘、苔蘚蟲等生物附生，共棲生物則有魚、豆蟹、蝦等，因此碑磔貝有穩定珊瑚礁生態系統的功能（Neo et al., 2017）。又因碑磔貝還有採捕壓力，可反應珊瑚礁生態系統受人為活動影響程度，因此，碑磔貝被視為珊瑚礁體檢的指標物種之一（Hodgson, 2002）。

碑磔貝物種以是否具有足絲孔與外套膜完全展開是否超過外殼邊緣做區分，可分為具有足絲孔且外套膜可超過外殼邊緣的碑磔貝屬（*Tridacna*，圖 3-1）及不具有足絲孔且外套膜不會超過外殼邊緣的碑磔貝屬（*Hippopus*）（圖 3-1）二屬。臺灣有紀錄的 7 種碑磔貝中，只有菱碑磔貝屬於碑磔貝屬，其它的鱗碑磔貝、圓碑磔貝、長碑磔貝、巨碑磔貝、扇碑磔貝和諾亞碑磔貝都是碑磔貝屬的物種（Su et al., 2014a；邵等，2008；蘇、劉，2015）。

碑磔貝為順序性雌雄同體（protandrous hermaphroditism）之物種，在初期性成熟時為雄性，之後再轉換為雌雄同體（simultaneous hermaphrodites）（Lucas, 1988），以長碑磔貝為例，在殼長 5 公分左右即可達雄性性成熟，但生長至約 10 公分左右雌性生殖腺才會開始發育，且殼長須達到 14 公分以上才會完全性成熟（Lewis, 1987）。碑磔貝為體外受精物種，配子排放會受環境因子影響，當水中有卵出現時會刺激精子的排放，水溫、物理性擾動，如水流強度改變也會刺激精卵排放（Neo et al., 2015a）；因碑磔貝成體為固著性，配子的結合依靠體外受精，且受精成功率會隨著時間增加大幅降低；以鱗碑磔貝為例，其配子成功受精率在配子釋放 100 分鐘後下降至 40%，且配子被釋放至環境中 4 到 6 小時後會開始死亡；所以配子成功受精的機率會受環境中碑磔貝的密度所影響，因此碑磔貝在環境中通常呈現聚集型分布，鄰近個體會同時釋放配子（Huang et al., 2007），且為避免自體受精現象發生，配子排放時會先釋放精子再排

放卵子 (Lucas, 1994)。以巨碑磔貝為例，個體間距離在 9 公尺內，70% 左右的個體可被誘導同時釋放配子至環境中，但當個體間距離增加至 20–30 公尺時，僅剩 15% 左右的個體可被誘導釋放配子，因此，當環境中碑磔貝密度過低時，會降低碑磔貝的生殖成功率，且有可能進一步導致區域性的族群滅絕 (Lucas, 1994)。

碑磔貝體內有共生藻與其共生，共生藻可提供碑磔貝生長所需的有機碳及有機氮源，碑磔貝也會將代謝廢物給共生藻利用。碑磔貝從共生藻獲得有機碳的效率隨種類不同而有差異，例如，巨碑磔貝可從共生藻處獲得有機碳量是圓碑磔貝的兩倍、更超過菱碑磔貝一個數量級以上 (Klumpp and Griffiths 1994)；研究亦指出共生藻可提供巨碑磔貝所需氮源 70% 的需求量 (Hawkins and Klumpp 1995)。此外，碑磔貝也維持主動攝取水中浮游性藻類和有機物為食之習性，碑磔貝於快速生長時期，濾食水中有機顆粒對滿足整體碳源需求大於成熟個體，例如，巨碑磔貝殼長介於 4–8 公分時，濾食行為獲取的碳源占整體的 6–113%、菱碑磔貝為 36–44%，但其它物種僅占 10–20% (Klumpp and Griffiths 1994)，從上述資料可知，共生藻是維持碑磔貝生長的重要能量來源，維持充足的日照更是幼體生長時期所必需 (Lucas et al. 1989, Klumpp et al. 1992)；此外，當水溫過高或是外套膜長時間被遮蔽時，共生藻會離開外套膜，碑磔貝就會產生白化的情形 (Neo et al. 2017) (圖 3-2)，這種白化現象和珊瑚類似。

碑磔貝的生長速度隨種類、水溫變化以及生長階段有明顯差異，生長曲線大多呈現 S 形，幼貝發育初期生長緩慢，在獲得共生藻後大幅增加 (Mies et al. 2012)，體型最大的巨碑磔貝可達約 140 公分，最小的圓碑磔貝最大只有 15 公分左右；巨碑磔貝在水溫低於 20°C 以下即停止生長，夏季生長高峰的日生長率可達 0.3 公釐。圓碑磔貝則是碑磔貝亞科內成長最緩慢的物種，其每日生長率僅 0.05 公釐左右，且其幼生浮游期及死亡率是所有種類當中最長且最高的 (Lucas et al. 1989, Mies et al. 2012)。以日平均成長率排序由高而低，為巨碑磔貝 0.2 公釐、菱碑磔貝 0.13 公釐、鱗碑磔貝 0.10 公釐，圓碑磔貝 0.04 公釐 (Klumpp and Griffiths 1994)。

碑磔貝分布於印度-太平洋熱帶海域 (Neo et al., 2017)，以分佈範圍而言，分布範圍較廣的物種是長碑磔貝和鱗碑磔貝，其次才是巨碑磔貝，扇碑磔貝、諾亞碑磔貝和圓碑磔貝和菱碑磔貝。其中菱碑磔貝是印尼、帛琉和及吉里巴斯的常見種。圓碑磔貝則分布於馬來西亞、越南和日本到印尼、菲律賓、帛琉、新幾內亞、澳洲、所羅門群島和萬那杜。扇碑磔貝分布於澳洲、基林群島、斐濟、印尼、新喀里多尼亞、帛琉、巴布亞新幾內亞、菲律賓、所羅門群島、東加和越南。巨碑磔貝在菲律賓、南中國海及馬來西亞有看到。長碑磔貝在東非、印度、中國、澳洲、東南亞、紅海和太

平洋島國均是常見種。諾亞砵磔貝分布範圍則與長砵磔貝相似。鱗砵磔貝則分布於東非到紅海及馬紹爾群島。

透過文獻比較，發現全球砵磔貝的密度差異極大，從每一百平方公尺 0.01 到 50000 隻都曾紀錄到 (Neo et al., 2017)，一般而言，調查的密度範圍則在每一百平方公尺 0.1 到 100 隻之間，通常調查密度低之處都是人為採捕壓力大的地方，反之，高密度的地區多是海洋保護區或是人類活動足跡較少之處，而巨砵磔貝及扇砵磔貝是最少見的物種。整體而言，非法採捕、棲地破壞、人為活動干擾如觀光、潛水、營養鹽輸入、有機物汙染、微量金屬汙染、沉積物覆蓋、氣候暖化引發砵磔貝白化，海洋酸化影響砵磔貝造殼及成長對砵磔貝的生存都有威脅。

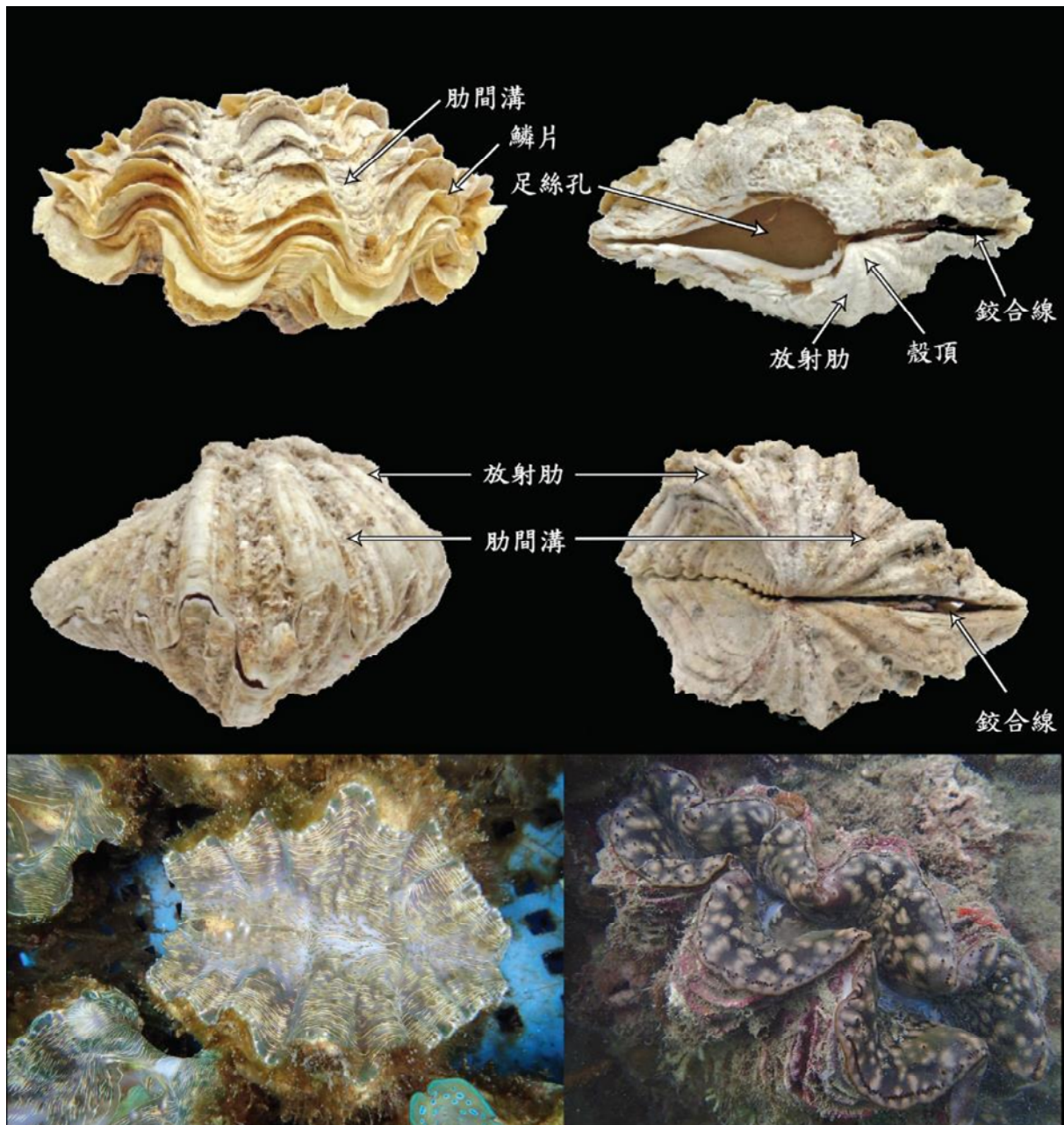


圖 3-1 碑磔貝屬 (*Tridacna*，上圖) 及 碑蠟貝屬 (*Hippopus*，下圖) 貝殼各部位名稱。碑磔貝屬 (右圖) 及 碑蠟貝屬 (左圖) 物種之外套膜完全展開會/不會超過殼緣。碑蠟貝屬樣本為菲律賓人工繁養殖個體。



圖 3-2 小琉球潮間帶白化的硨磲貝。

3.1.2 臺灣周邊海域碑礫貝各調查地點歷年密度變化

雖然很多早期文獻都有提到碑礫貝，共收集文獻 31 篇（附錄 1），但量化資料主要來自珊瑚礁體檢調查。臺灣自「臺灣珊瑚礁學會」成立後，於 2001 年開始在全臺各地多個地點，每年固定進行珊瑚礁體檢調查，因碑礫貝為珊瑚礁體檢紀錄項目之一，因此可從歷年珊瑚礁體檢的資料中搜集碑礫貝於臺灣周邊海域的密度資料，惟珊瑚礁體檢的主要目標為調查珊瑚覆蓋率變化，因此碑礫貝密度記錄是以涵蓋所有碑礫亞科物種的方式呈現，不同年間的調查範圍有所差異（表 3-1），且部分報告並無量化資料僅以有或無的方式紀錄，因此，以下的密度分析是碑礫亞科下所有物種的密度紀錄並轉換為每一百平方公尺的隻數表示，此部分已蒐集近二十年的資料（2001 年至 2020 年缺 2006 年），調查地點包含 6 個縣市 66 個調查地點，有本島及離島測站，如基隆嶼、蘭嶼、綠島、小琉球等共 87 個調查測站。

臺灣北部測站位於基隆市以及新北市，基隆市的調查測站位於潮境海洋公園周邊，以及蝙蝠洞一帶，調查年份則包含 2017、2019 以及 2020 三年，在調查過程中未在測站內發現碑礫貝。新北市的調查測站位於野柳以及東北角龍洞一帶，其中 2005–2008 年無調查資料。大部分測站並未紀錄到碑礫貝的分布，僅在龍洞灣附近測站有觀察紀錄，族群密度為每一百平方公尺 0.125 隻（圖 3-3）。

東部的宜蘭、花蓮、臺東等三縣市在過往珊瑚礁總體檢調查中皆被涵蓋在內。宜蘭縣調查測站位於南方澳的豆腐岬及內碑一帶，目前僅蒐集到 2001–2004 年的調查紀錄，相關資料顯示豆腐岬測站碑礫貝密度為每一百平方公尺 0.4 隻。花蓮縣測站則位於石梯坪周邊調查時間包含 2001–2004 年以及 2014–2020 年兩個時間區段，在 2001–2004 年間，未在花蓮縣內調查地點發現碑礫貝的蹤影，後續僅於 2017 年有零星觀察紀錄，每 100 平方公尺的數量僅 0.03 隻。臺東調查測站接近三仙台的基翬漁港以及鄰近臺東市區的杉原以及加母子灣附近，其中基翬測站從 2011 年開始至 2020 年有連續觀察紀錄。杉原測站有幾年並未紀錄到碑礫貝，有觀察紀錄的密度變化則介於每一百平方公尺 0.2 隻左右，相較之下基翬測站的碑礫貝密度較高，在調查年份內皆有碑礫貝的觀察紀錄，密度則介於每一百平方公尺 0.125 隻至 1 隻不等（圖 3-4）。

南部珊瑚礁調查主要在屏東縣墾丁地區，近 20 年的調查時間內共累積了 21 個調查測站，主要集中在國家公園西側，東側測站僅有佳洛水一點，南側測站則包含香蕉灣、跳石、出水口、後壁湖等。過往調查結果顯示，位於墾丁國家公園西側的合界測站，碑礫貝密度最高，每一百平方公尺可記錄到 2.65 隻，且淺水測站（5 公尺內），碑礫貝密度高於深水測站（

10 公尺) (圖 3-5)。在 2001 年到 2004 年的調查則顯示無碑礫貝的觀察紀錄，爾後缺乏相關的調查紀錄。

離島測站綠島的調查資料最豐富，且近年有些調查報告還有碑礫貝各物種的密度資料。歷年珊瑚礁體檢一共在綠島地區調查了 30 個測站，其中以位於北側的中寮港、南側的大白沙以及東側的石朗為碑礫貝密度最高的地點，每一百平方公尺最高可達 11.2 隻，平均而言，綠島測站在大部分調查時間碑礫貝的密度每一百平方公尺大於 1 隻 (圖 3-6)。2018 年的調查，記錄到長碑礫貝的密度在石朗為每一百平方公尺 1.13 隻，航空站每一百平方公尺 0.8 隻，柴口每一百平方公尺 1.37 隻；諾亞碑礫貝在石朗每一百平方公尺 0.4 隻，柴口每一百平方公尺 0.06 隻；鱗碑礫貝在石朗每一百平方公尺 0.1 隻，柴口每一百平方公尺 0.1 隻；圓碑礫貝密度最低，在整年的調查內僅記錄到 3 隻 (圖 3-7)。

蘭嶼周邊歷年來一共有 35 個調查測站，碑礫貝密度介於每一百平方公尺 0.25 到 3.25 隻，以南獅測站的密度最高 (圖 3-8)。

小琉球則包含了 21 個測站，每個測站都有碑礫貝的觀察紀錄，但是有些年未紀錄到碑礫貝的分佈，密度變化則介於每一百平方公尺 0.2 至 1.5 隻，厚石群礁以及漁埕尾兩地每一百平方公尺皆有 1 隻或大於 1 隻的觀察紀錄 (圖 3-9)。

澎湖縣是離島中調查紀錄最完整的地點，可能因曾在 2008 年經歷寒災侵襲以及海洋國家公園設立規劃有關。分為澎湖本島周邊測站及各離島共 109 個調查測站，包含目斗嶼、吉貝嶼、姑婆嶼和鳥嶼等。本島的北測站在過去調查紀錄中無碑礫貝的觀察紀錄，澎湖本島周邊測站則以杭灣以及鎖港兩地在 2005 年每一百平方公尺記錄到 4 隻最高，但大部分測站及時間則是未記錄到或是每一百平方公尺密度低於 1 隻以下。南方諸島大部分測站皆有碑礫貝的觀察紀錄，密度變化差異大，在東吉嶼周邊測站每一百平方公尺有 5 隻以上的觀察紀錄，但其它大部分地點密度範圍介於每一百平方公尺 0.25 到 1 隻左右 (圖 3-10)。

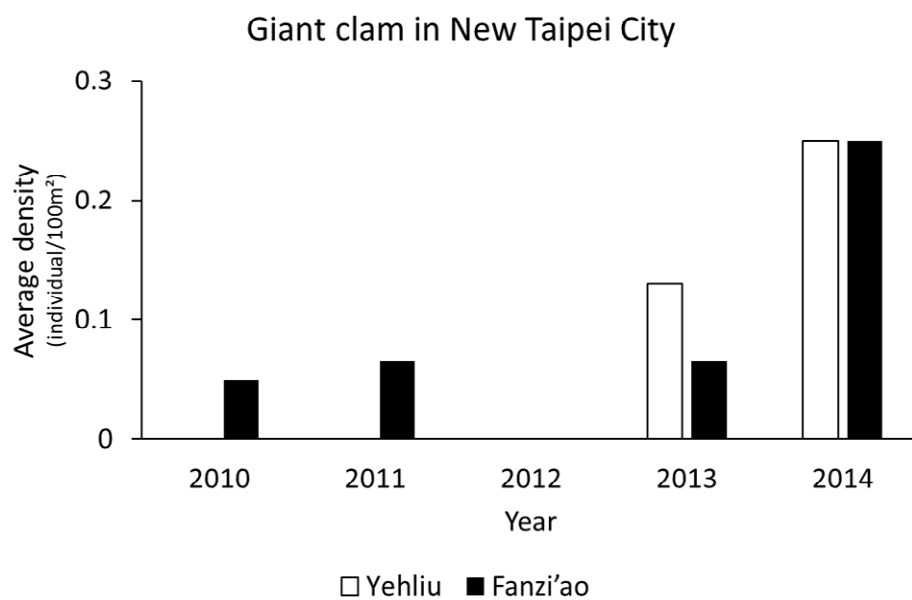


圖 3-3 新北市歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。Yehliu：野柳；Fanzi'ao：蕃仔澳。

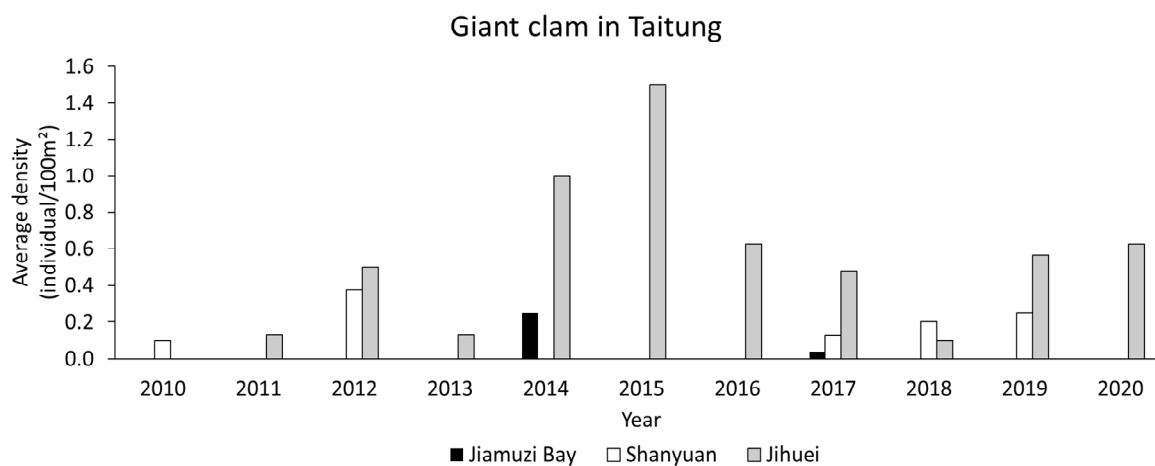


圖 3-4 臺東歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。Jiamuzi Bay: 加母子灣；Shanyuan：杉原；Jihuei：基翬。

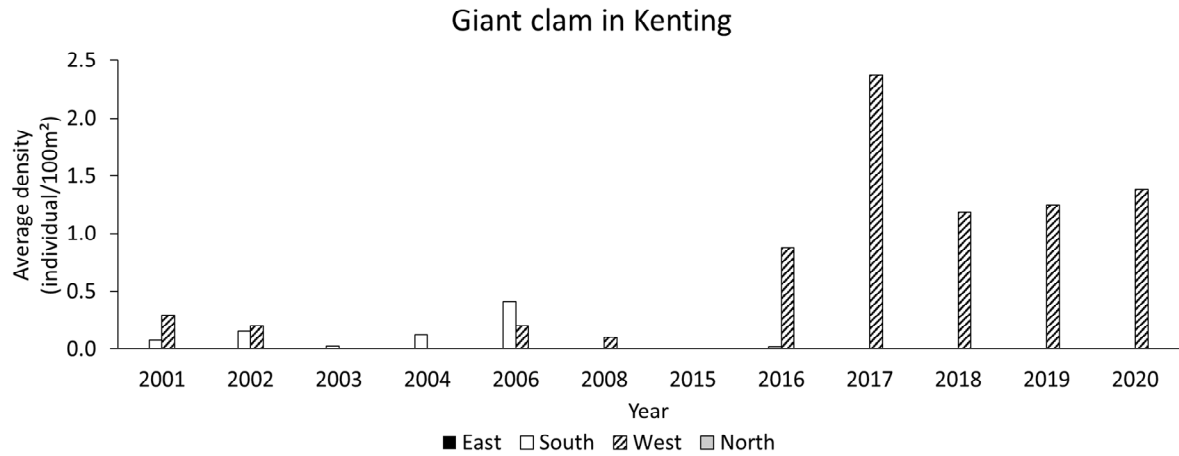


圖 3-5 墾丁歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。East：東；South：南；West：西；North：北。

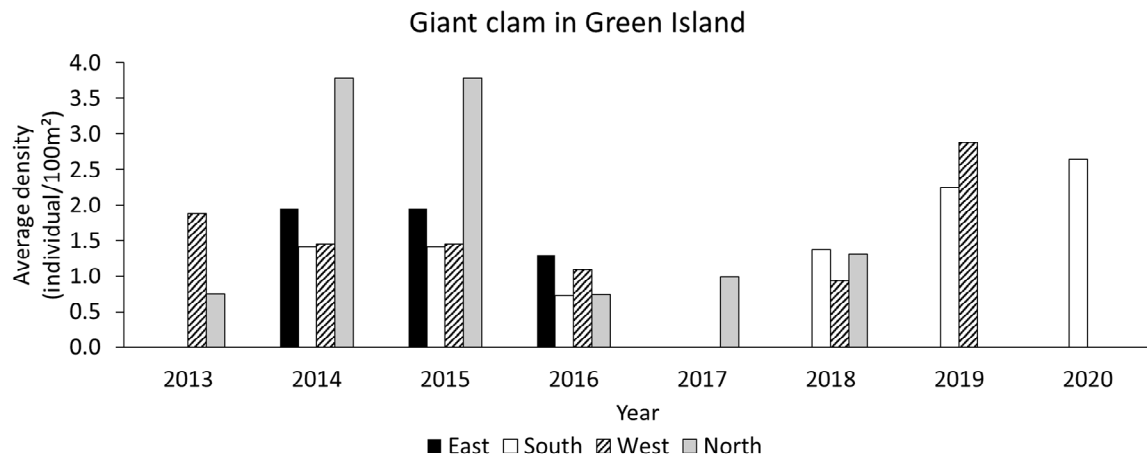
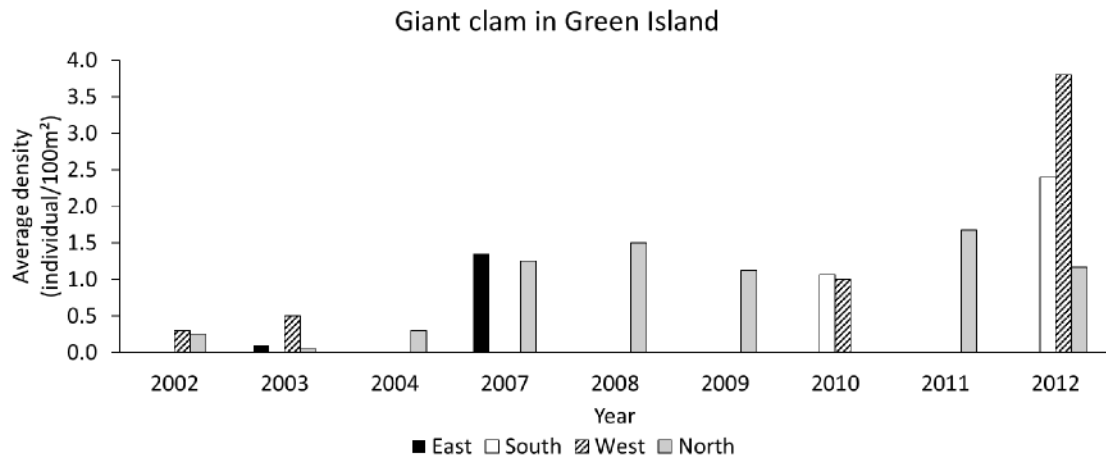


圖 3-6 綠島歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。East：東；South：南；West：西；North：北。

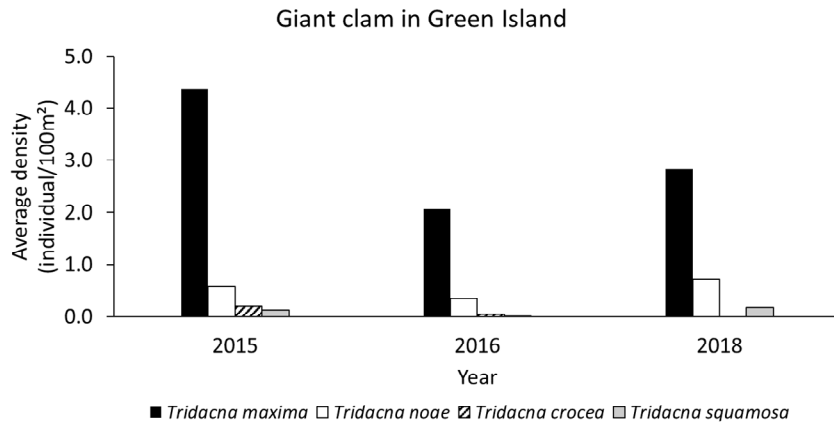


圖 3-7 綠島各物種碑磔貝的平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna crocea*：圓碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

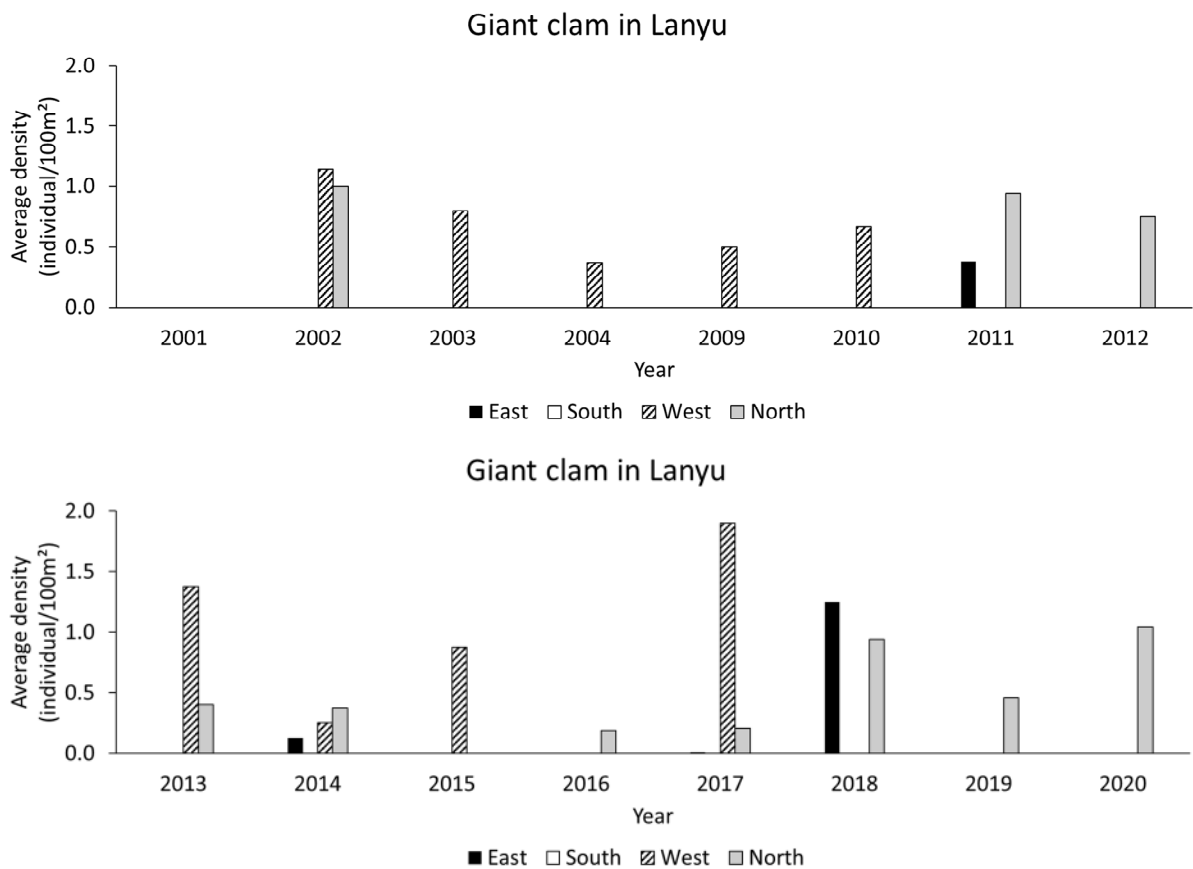


圖 3-8 蘭嶼歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。East：東；South：南；West：西；North：北。

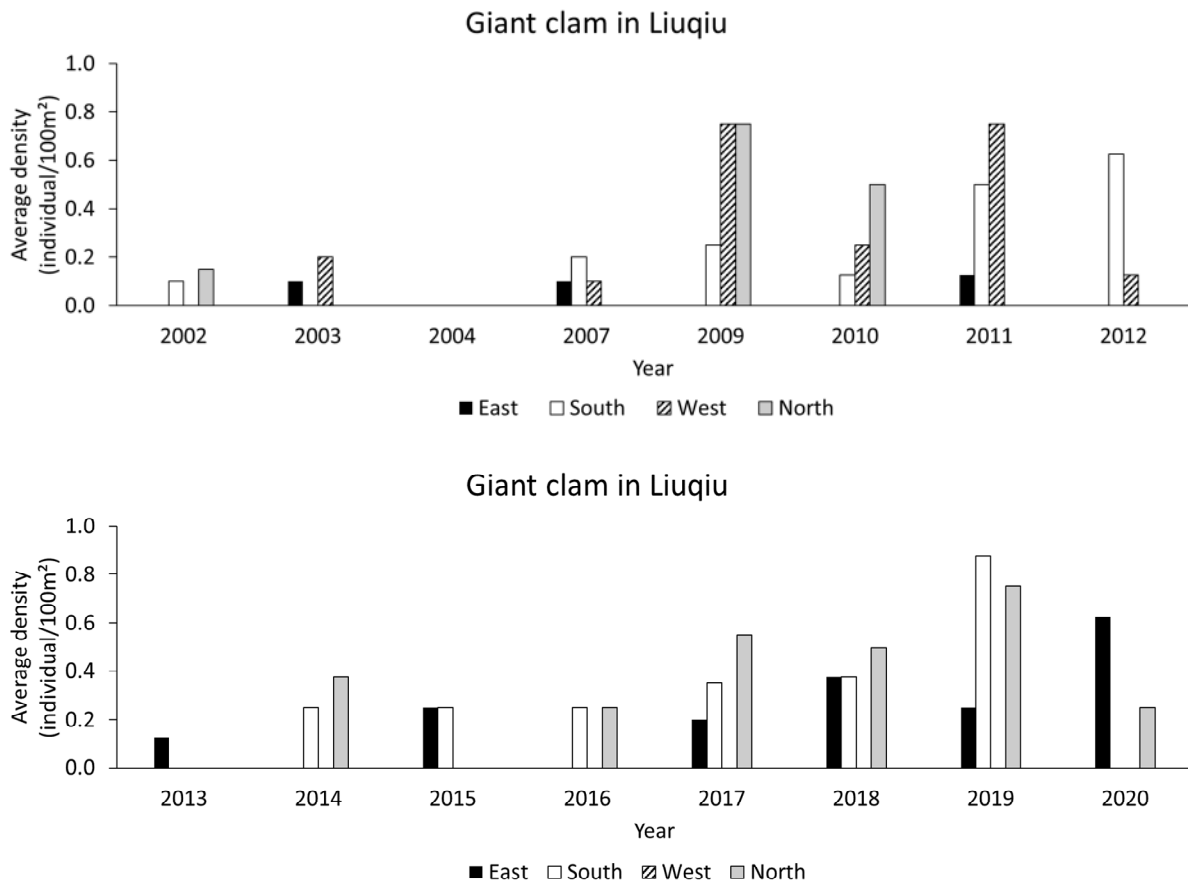


圖 3-9 小琉球歷年碑磔貝平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。East：東；South：南；West：西；North：北。

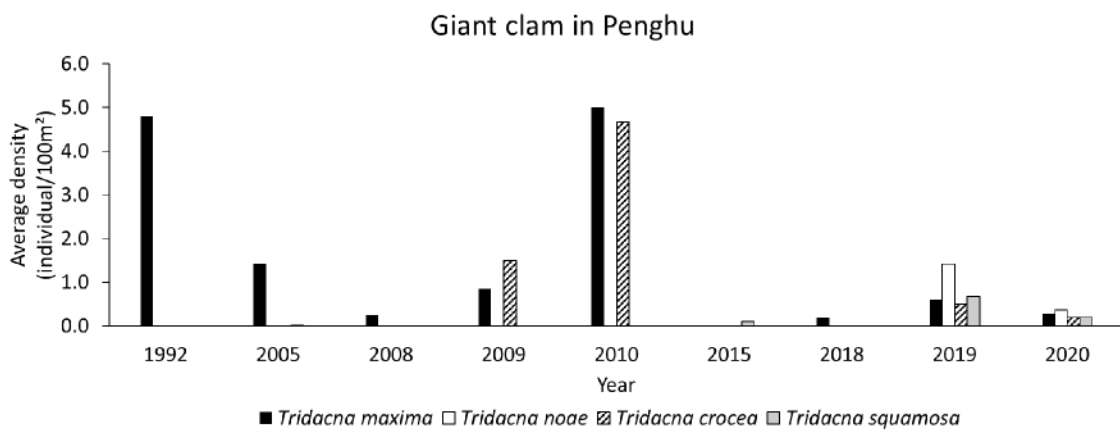


圖 3-10 澎湖各物種碑磔貝的平均密度變化。*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna crocea*：圓碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

表 3-1 碑礫貝歷年調查方法一覽表。

作者（年份）	報告/文獻名稱	調查地點	調查方法	調查面積	
戴等（2001）	台灣海域珊瑚礁現況調查	東北角、宜蘭、東海岸、恆春半島、澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
戴等（2002）	台灣海域珊瑚礁現況調查	東北角、宜蘭、東海岸、恆春半島、澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
戴等（2003）	台灣海域珊瑚礁現況調查	東北角、宜蘭、東海岸、恆春半島、澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
戴等（2004）	台灣海域珊瑚礁現況調查	東北角、宜蘭、東海岸、恆春半島、澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
許等（2007）	澎湖海域碑礫貝生態調查	澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
戴昌鳳（2007）	台灣海域珊瑚礁分布及珊瑚多樣性調查研究 III	恆春半島、小琉球	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
鄭明修（2008）	台灣海域珊瑚礁分布及珊瑚多樣性調查研究IV	澎湖	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
陳與鄭（2008）	台灣區珊瑚礁總體檢計畫書	杉原、綠島、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2009）	2009 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
鄭等（2009）	澎湖南方東嶼坪、西嶼坪、東吉嶼 及西吉嶼四島周邊海域生態資源調查	澎湖	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺

作者（年份）	報告/文獻名稱	調查地點		調查方法	調查面積
李等（2009）	澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫	澎湖	方框隨機抽樣	50 公分 x50 公分 x4	1 平方公尺
台灣環境資訊協會（2010）	2010 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2011）	2011 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2012）	2012 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2013）	2013 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
YANG ET AL.（2015）	A Preliminary Study of Distribution and Density of Giant Clams (<i>Tridacna spp.</i>) on Green Island, Taiwan.	綠島	穿越線	50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
台灣環境資訊協會（2014）	2014 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、台東、小琉球、綠島、蘭嶼、澎湖、花蓮	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2015）	2015 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2016）	2016 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖、台東、花蓮、墾丁、小琉球	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2017）	2017 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖、台東、花蓮、墾丁、小琉球	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
台灣環境資訊協會（2018）	2018 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖、台東、花蓮、墾	穿越線	100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺

作者（年份）	報告/文獻名稱	調查地點	調查方法	調查面積
		丁、小琉球		
楊等（2018）	台灣綠島沿岸碑礫貝的分布密度特徵	綠島	穿越線 50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
鄭禧年（2018）	臺灣附近海域碑礫貝之分布及殼生長輪研究	台北縣、基隆市、花蓮縣、台東縣、屏東縣、綠島、蘭嶼、東沙、太平島	-	-
張等（2019）	綠島沿岸碑礫貝資源調查與復育策略	綠島	穿越線 100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
陳等（2019）	澎湖縣海洋生態暨漁業資源盤點調查計畫	澎湖	穿越線 50 公尺 x 4 公尺	200 平方公尺
台灣環境資訊協會（2019）	2019 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖、台東、花蓮、墾丁、小琉球	穿越線 100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
鄭等（2019）	澎湖南方四島國家公園海域自然資源經營管理策略研析	南方四島	穿越線 50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
鄭等（2020）	七美珊瑚及碑礫貝資源調查成果報告書	七美	穿越線 50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺
台灣環境資訊協會（2020）	2019 台灣珊瑚礁體檢成果報告	東北角、綠島、蘭嶼、澎湖、台東、花蓮、墾丁、小琉球	穿越線 100 公尺 x 10 公尺	1000 平方公尺
鄭等（2020）	望安周邊海域珊瑚及碑礫貝生態資源調查	望安	穿越線 50 公尺 x 10 公尺	500 平方公尺

3.1.3 臺灣周邊海域大法螺各調查地點歷年密度變化

大法螺生活於珊瑚礁淺海域，是珊瑚礁生態系健康評估的指標物種之一。在分類上本種屬於軟體動物門、大法螺科 Charoniidae、大法螺屬 *Charonia*，屬於大法螺屬的物種全世界共有 18 種，臺灣大法螺屬物種有大法螺和白法螺 *Charonia lampas* 二種，白法螺生活在水深 200–300 公尺的砂泥底海域，以海星及其它底棲動物為食，不會出現在珊瑚礁淺海域，所以，生活於臺灣珊瑚礁淺海域的大法螺只有一種。大法螺是雌雄異體體內受精的物種，殼長最大可達 50 公分左右，以棘皮動物為食，獵物有藍指海星、棘冠海星、陽隧足等 (<https://www.sealifebase.ca>)。在澎湖曾進行過蓄養觀察實驗，紀錄了大法螺吃食棘冠海星還有其生殖行為及幼生孵化過程等 (林等, 2010; 歐等, 2014)，大法螺在吃食海星時，會將齒舌插入海星體盤組織中，並分泌含硫酸成份的消化液協助攝食，同時大法螺的腹足會將海星包覆住，防止其逃跑，一隻 30 公分以上的棘冠海星可在兩天內被 2–3 隻大法螺吃掉；大法螺為雌雄異體、體內受精物種，雄螺有陰莖，交配季節在夏、秋兩季，產卵季節為秋末冬初，產出之卵鞘呈橘黃茄子狀，一隻雌螺可產下約 250–350 個卵鞘，每個卵鞘內有約 3,000–4,000 個受精卵；受精卵在水溫 16–21°C 下，約 80 天可發育孵化成面盤幼生，但臺灣也和其他國家一樣還沒有育苗成功之紀錄。

在大法螺野外調查紀錄部分共收集文獻 42 篇 (附錄 2)，文獻來源有水產試驗所試驗報告、墾丁國家公園管理處調查研究報告、海洋國家公園管理處調查研究報告、臺灣珊瑚礁體檢、漁業署、iNaturalist 網站、新聞報導等，除了少數文獻有密度記錄，其它文獻均以有或無的方式記錄，文獻中也無生態行為方面的觀察報導。從 1981–2020 年，四十年的所有記錄共 974 次調查中，20 次有大法螺出現記錄，佔所有調查的 2.1%，調查地點包括新北市、基隆、宜蘭、花蓮、臺東、墾丁、基隆嶼、蘭嶼、小蘭嶼、綠島、澎湖、小琉球、南沙。最早的觀察記錄是 1981 年在墾丁及南沙，曾觀察到大法螺之地區包括基隆、新北市、墾丁、蘭嶼、綠島、澎湖、小琉球、南沙等，調查密度在每一百平方公尺 0.25 到 1–2 隻之間，近二年 (2019 及 2020) 在新北市、蘭嶼、綠島、澎湖有紀錄，密度則在每一百平方公尺 0.25–0.50 隻之間。由於無定點定期調查資料，族群數量之長期變化趨勢無法得知。

3.1.4 臺灣周邊海域馬蹄鐘螺各調查地點歷年密度變化

馬蹄鐘螺分布於熱帶印度洋、太平洋，棲息於低潮線至淺海珊瑚礁區，因肉可食用且外殼常用於飾品製作，所以是珊瑚礁過度捕撈的高經濟

性物種之一，分類上，馬蹄鐘螺屬於軟體動物門、瓦螺科 Tegulidae，是底棲性雌雄異體，行體外受精之物種，最大可達 16 公分左右，主要以附著性的微細藻類為食。

在馬蹄鐘螺野外調查紀錄部分、共收集文獻 26 篇（附錄 3），文獻來源有墾丁國家公園管理處調查研究報告、海洋國家公園管理處調查研究報告、營建署、澎湖縣政府等等，從 1981–2020 年，四十年的所有記錄共 352 次調查中，30 次有馬蹄鐘螺出現記錄，佔所有調查的 8.5%，最早的觀察記錄是 1981 年在太平島，曾有觀察紀錄之地區包括墾丁、澎湖、東沙等，調查密度在每一百平方公尺 0.2 到 3 隻之間（圖 3-11），近二年（2019 及 2020）僅在澎湖有調查紀錄，密度為每一百平方公尺 0.5 隻之間。由於無定點定期調查資料，族群數量之長期變化趨勢無法得知。

3.1.5 臺灣周邊海域銀塔鐘螺各調查地點歷年密度變化

銀塔鐘螺分布於熱帶印度洋、太平洋，棲息於低潮線至淺海珊瑚礁區，因肉可食用且外殼常用於飾品製作，所以是珊瑚礁過度捕撈的高經濟性物種之一，在分類上銀塔鐘螺屬於軟體動物門、瓦螺科 Tegulidae，是底棲性雌雄異體，行體外受精之物種，最大可達 11 公分左右，主要以附著性的微細藻類為食（林等，2001）。銀塔鐘螺在澎湖的產卵期為 4 至 6 月，產卵多在夜間進行，牠們的受精卵為圓形之沈性卵，呈墨綠色，平均卵徑為 0.252 公厘，胚胎發育至著苗變態、在水溫於 25.8–27.2°C 時約 36 時（林等，2001；洗等，2007，林等，2003）。

在銀塔鐘螺野外調查紀錄部分、共收集文獻 26 篇（附錄 4），文獻來源有墾丁國家公園管理處調查研究報告、海洋國家公園管理處調查研究報告、營建署、澎湖縣政府等等，從 1981–2020 年，四十年的所有記錄共 387 次調查中，80 次有銀塔鐘螺出現記錄，佔所有調查的 20.7%，最早的觀察記錄是 1981 年在太平島，曾有觀察紀錄之地區包括墾丁、澎湖、東沙、南沙等，調查密度在每一百平方公尺 0.2 到 3 隻之間，近二年（2019 及 2020）僅在澎湖有調查紀錄，密度為每一百平方公尺 0.5 到 3 隻之間（圖 3-12）。由於無定點定期調查資料，族群數量之長期變化趨勢無法得知。

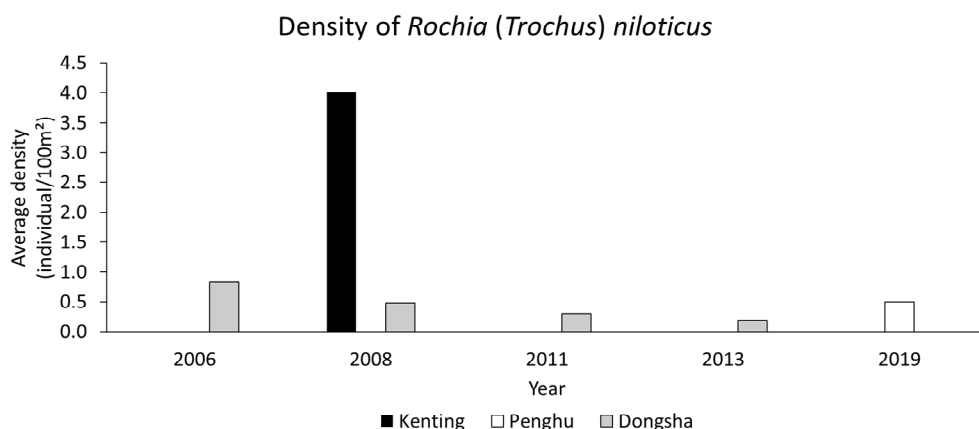


圖 3-11 馬蹄鐘螺歷年平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。Kenting：墾丁；Penghu：澎湖；Dongsha：東沙。

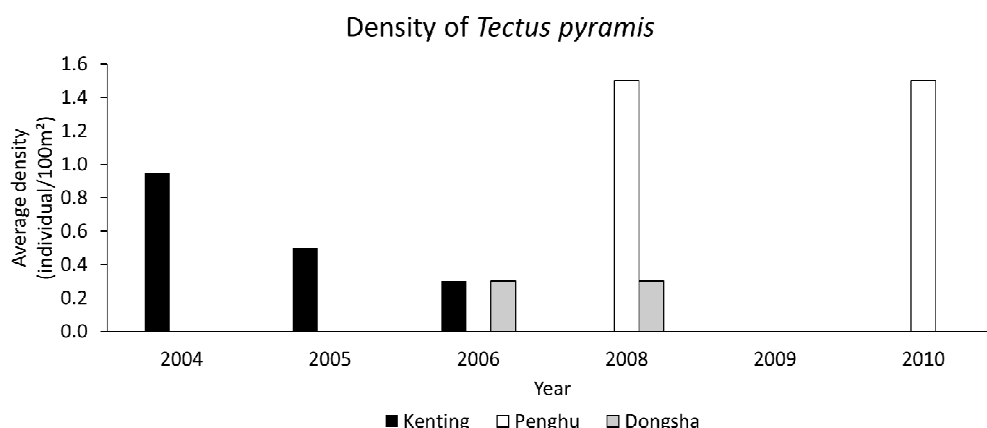


圖 3-12 銀塔鐘螺歷年平均密度變化。X 軸為年份，Y 軸為平均密度。Kenting：墾丁；Penghu：澎湖；Dongsha：東沙。

3.2 碑礫貝及其他重要螺貝類族群調查

現地調查依實地狀況，原則上於各樣點選取平行海岸之深及淺兩樣區，每個樣區內設置四條長 20 公尺寬度 5 公尺之穿越帶，每條穿越帶以皮尺為中心，二側各 2.5 公尺，共 400 平方公尺範圍內做定量調查；定量調查完成後，另進行擴大調查範圍的潛水普查工作，進行方式為繼續留在現地往測線外擴大蒐尋。由於大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺為夜行性物種，日間調查可能會低估族群數量，故本調查結果可能為偏低估值。

本計畫預定之野外調查樣點有 8 個測站，分別是杉原（Shanyuan）、後灣（Back Bay）、香蕉灣（Siangjiao Bay）、入水口（Inlet）、開元港（Kaiyuan Harbor）、玉女岩（Jimavonot）、小臺灣（Siao Taiwan）、月鯉灣（Yueli Bay），在資源許可下，額外增加了 4 個樣點，依序為基翬（Jihuei）、後壁湖（Houbihu）、紅柴坑（Hongchaikeng）、小蘭嶼

(Siao Lanyu)，各樣點調查時間深度及經緯度等資訊如表 3-2 (表 3-2、圖 3-13)。各調查樣點依實地狀況各自選取含平行海岸線之淺及深樣區進行碑磔貝調查。

3.2.1 野外碑磔貝及其它重要螺貝類調查結果

本計畫第一次現地調查於 2021 年 7 月 18、19 日進行，作業地點為臺東杉原和基翬兩地，第一天作業地點在杉原 (圖 3-14)，第二天在基翬 (圖 3-15)。

杉原淺水測站共 400 平方公尺的調查範圍內，共記錄到 9 隻碑磔貝，分別是 4 隻長碑磔貝以及 5 隻諾亞碑磔貝；因此，長碑磔貝的密度為每一百平方公尺 1 隻，諾亞碑磔貝則為 1.25 隻 (圖 3-16)，在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 3 隻。測線中長碑磔貝的大小介於 2.3 至 6.7 公分，而諾亞碑磔貝的體長則是介於 4.4 至 23.4 公分 (圖 3-17)。杉原深水測站穿越帶僅記錄到一隻長碑磔貝，在此密度為每一百平方公尺 0.25 隻，殼長為 2.8 公分。測線外則記錄到長碑磔貝 2 隻，諾亞碑磔貝 3 隻，殼長分別介於 2.6 至 3.1 公分，以及 8.6 至 16.1 公分 (圖 3-18)。

基翬淺水測站共記錄 20 隻碑磔貝，分別是長碑磔貝、諾亞碑磔貝各 8 隻，以及鱗碑磔貝 4 隻，因此每一百平方公尺密度分別為 2、2 以及 1 隻 (圖 3-16)。長碑磔貝殼長介於 3.7 至 11.6 公分；諾亞碑磔貝介於 2.6 至 16.7 公分。測線外記錄到長碑磔貝 7 隻、諾亞碑磔貝 7 隻、以及鱗碑磔貝與圓碑磔貝各 1 隻 (圖 3-19)。基翬深水測站測線範圍內記錄到 27 隻碑磔貝，分別為長碑磔貝 8 隻、諾亞碑磔貝 15 隻以及鱗碑磔貝 4 隻，密度則分別為每一百平方公尺 2、3.75 以及 1 隻 (圖 3-20)。長碑磔貝大小介於 3.1 至 10.9 公分；諾亞碑磔貝則為 2.2 至 17.7 公分，鱗碑磔貝則在 6 公分上下 (圖 3-20)。測線外則紀錄了長碑磔貝 3 隻、諾亞碑磔貝 4 隻以及鱗碑磔貝 1 隻。

於杉原與基翬調查測站內未發現大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺，另看到一隻棘冠海星。綜合而言，碑磔貝平均密度為每一百平方公尺杉原淺水測站 2.25 隻、深水測站 0.25 隻；基翬淺水測站 5 隻以及深水測站 6.75 隻。此一調查數值高於過往珊瑚礁總體檢時於本地點的碑磔貝密度。

2021 年 8 月 13、14 及 22 日在墾丁後壁湖及紅柴坑進行調查。13 日進行後壁湖調查。14 日於紅柴坑進行調查，後因天候浪況變差無法進行深區樣點調查，另於 22 日進行深水測站調查。

後壁湖淺水測站共記錄 5 隻諾亞碑磔貝及 2 隻銀塔鐘螺。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1 隻，銀塔鐘螺之密度為每一百平方公尺

0.4 隻（表 3-2）；諾亞碑磔貝介於 6.6 至 16.7 公分，銀塔鐘螺體長則介於 8.1 至 8.4 公分（圖 3-22）。擴大範圍的調查另記錄到諾亞碑磔貝 3 隻、長碑磔貝 1 隻、鱗碑磔貝 1 隻、銀塔鐘螺 2 隻、大法螺 1 隻，殼長分別為 6.6 至 20，4.3，17.6，8.5 至 9.0 及 26.2 公分（圖 3-22）。後壁湖深水測站共記錄到 3 隻諾亞碑磔貝、3 隻長碑磔貝及 1 隻大法螺。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 隻，大法螺之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-21）。諾亞碑磔貝大小介於 4.5 至 11.6 公分，長碑磔貝則是介於 7.8 至 13.8 公分，大法螺的殼長為 28.8 公分（圖 3-323）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 7 隻、鱗碑磔貝 3 隻，殼長分別為 5.8 至 22.6 公分及 17.1 至 35.2 公分（圖 3-23）。

紅柴坑淺水測站共記錄到 1 隻諾亞碑磔貝、5 隻長碑磔貝、1 隻銀塔鐘螺。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1 隻，銀塔鐘螺之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（表 3-3）；諾亞碑磔貝的大小為 9.1 公分，長碑磔貝的殼長介於 4.0 分至 7.1 公分，銀塔鐘螺殼長為 7.8 公分。在擴大範圍的調查中另記錄到長碑磔貝 2 隻、銀塔鐘螺 1 隻，殼長分別為 4.7 至 5.0 公分及 8.8 公分（圖 3-24）。紅柴坑深水測站記錄到 2 隻長碑磔貝。因此長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.4 隻（圖 3-21），長碑磔貝的大小為 2.6 及 11.9 公分。在擴大範圍的調查中另記錄長碑磔貝 2 隻，殼長為 2.6 及 7.8 公分（圖 3-25）。

2021 10 月 3 日於後灣進行調查，淺水測站記錄到 2 隻諾亞碑磔貝、1 隻長碑磔貝及 1 隻鱗碑磔貝，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.4 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-21）；諾亞碑磔貝的殼長介於 4.9 至 5.8 公分，長碑磔貝的殼長是 3.9 公分，而鱗碑磔貝的殼長則是 21.4 公分（圖 3-26）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 2 隻、長碑磔貝 2 隻、鱗碑磔貝 1 隻，殼長分別介於 11.7 至 12.6 公分，3.4 至 3.9 公分及 1.7 公分（圖 3-26）。後灣深水測站記錄到 2 隻長碑磔貝及 2 隻鱗碑磔貝。因此長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.4 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.4 隻（圖 3-21）；長碑磔貝的殼長介於 3.6 至 4.2 公分，而鱗碑磔貝的殼長則是介於 13.0 至 18.8 公分（圖 3-27）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 1 隻、長碑磔貝 1 隻，殼長分別為 7.2 及 8.4 公分（圖 3-27）。

於 2021 年 10 月 19 日在香蕉灣及入水口進行調查，香蕉灣淺水測站記錄到 1 隻諾亞碑磔貝、6 隻長碑磔貝及 1 隻鱗碑磔貝。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.2 隻

，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-21）；諾亞碑磔貝的體長為 11.7 公分，長碑磔貝的體長則是介於 4.3 至 6.8 公分，鱗碑磔貝的體長為 2.6 公分（圖 3-28）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 1 隻、長碑磔貝 3 隻，體長分別為 4.4 公分及介於 4.7 至 11.7 公分（圖 3-28）。香蕉灣深水測站記錄到 1 隻諾亞碑磔貝、3 隻長碑磔貝及 1 隻鱗碑磔貝。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-21）；諾亞碑磔貝的體長為 15.3 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 4.9 至 7.4 公分，鱗碑磔貝的體長為 9.2 公分（圖 3-29）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 1 隻、長碑磔貝 2 隻，體長分別為 4.5 及介於 6.1 至 6.6 公分（圖 3-29）。

入水口淺水測站記錄到 3 隻諾亞碑磔貝及 8 隻長碑磔貝。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.6 隻（圖 3-21）；諾亞碑磔貝的體長介於 4.7 至 21.0 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 4.2 至 17.4 公分（圖 3-30）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 1 隻、長碑磔貝 8 隻，體長分別為 15.9 公分及介於 4.0 至 21.3 公分（圖 3-30）。入水口深水測站一共記錄到 10 隻長碑磔貝及 4 隻鱗碑磔貝；因此長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 2 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.8 隻（圖 3-21）；長碑磔貝的體長則是介於 3.3 至 13.5 公分，鱗碑磔貝的體長介於 3.3 至 11.0 公分（圖 3-31）。在擴大範圍的調查中另記錄到長碑磔貝 18 隻、鱗碑磔貝 9 隻，體長分別介於 3.3 至 11.0 公分及介於 6.0 至 29.9 公分（圖 3-31）。

總結以上墾丁五個樣點，除了香蕉灣淺水測站及入水口淺水測站的長碑磔貝密度為每一百平方公尺 1.2 隻及 1.6 隻，其他測站之各物種碑磔貝密度皆等於或小於每一百平方公尺 1 隻。另外，在後壁湖淺水測站測線內外共記錄到 4 隻銀塔鐘螺及一隻大法螺(表 3-3)。後壁湖深水測站測線內記錄到一隻大法螺。紅柴坑淺水測站測線內外共記錄到 2 隻銀塔鐘螺。

於 2021 年 9 月 6 至 7 日於蘭嶼進行調查，6 日於朗島部落的玉女岩及椰油部落的開元港進行調查，7 日到小蘭嶼進行調查。

開元港淺水測站記錄到 1 隻諾亞碑磔貝及 7 隻長碑磔貝，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.4 隻（圖 3-32）；諾亞碑磔貝的體長為 11.3 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 5.1 至 11.3 公分（圖 3-33）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 5 隻、長碑磔貝 41 隻、鱗碑磔貝 4 隻、銀塔鐘螺 1 隻(表 3-3)，體長分別為 2.5 至 12.3 公分，2.0 至 13.0 公分，4.0 至 7.3 公分，以及 8.9 公分（圖 3-33）。開元港深水測站記錄到的碑磔貝皆為長碑磔貝，共 5 隻，密

度為每一百平方公尺 1 隻（圖 3-32）；體長介於 6.0 至 12.7 公分（圖 3-34）。在擴大範圍的調查中另記錄到也都是長碑磔貝，共 9 隻，體長介於 1.7 至 13.0 公分（圖 3-34）。

玉女岩淺水測站記錄到 1 隻諾亞碑磔貝及 6 隻長碑磔貝。因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.2 隻（圖 3-32）；諾亞碑磔貝的體長為 8.3 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 3.1 至 10.5 公分（圖 3-35）。在擴大範圍的調查中另記錄到的碑磔貝皆為長碑磔貝，共 11 隻，體長介於 3.4 至 13.7 公分（圖 3-35）。玉女岩深水測站一共記錄到 5 隻長碑磔貝及 1 隻銀塔鐘螺，因此長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1 隻，銀塔鐘螺之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（表 3-3）；長碑磔貝的體長介於 6.4 至 11.1 公分，而銀塔鐘螺的體長則是 10.3 公分。在擴大範圍的調查中另記錄到長碑磔貝 14 隻、體長分別為 4.9 至 14.7 公分，鱗碑磔貝 2 隻，體長皆為約 15 公分（圖 3-36）。

小蘭嶼西測站北只記錄到一隻 10 公分的諾亞碑磔貝，因此諾亞碑磔貝的密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-32）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 1 隻、長碑磔貝 5 隻，體長分別為體長 8.5 公分及介於 5.5 至 10.7 公分（圖 3-37）。小蘭嶼西測站南記錄到 5 隻諾亞碑磔貝及 8 隻長碑磔貝，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.6 隻（圖 3-32）；諾亞碑磔貝的體長介於 9.2 至 17.1 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 2.5 至 8.5 公分（圖 3-38）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 4 隻、長碑磔貝 12 隻，體長分別介於 2.7 至 16.3 公分及 5.8 至 12.1 公分（圖 3-38）。

蘭嶼本島以長碑磔貝為主要碑磔貝物種。開元港深淺兩樣區所記錄到的碑磔貝有 92.3% 為長碑磔貝，玉女岩深淺兩樣區所記錄到的碑磔貝有 91.7% 為長碑磔貝。在開元港淺區擴大範圍的調查記錄到 41 隻長碑磔貝，諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝記錄到的數量皆少於 5 隻。小蘭嶼西測站北及南深淺兩樣區穿越帶內所記錄到的長碑磔貝佔 57.1%、42.9% 為諾亞碑磔貝，兩種約各占一半，物種比例有別於蘭嶼本島。另外，在開元港淺水測站測線外記錄到一隻銀塔鐘螺(表 3-3)，玉女岩深水測站測線內記錄到一隻銀塔鐘螺。

於 2021 年 9 月 19 日在七美的小臺灣及月鯉灣進行調查。小臺灣淺水測站記錄到 8 隻諾亞碑磔貝及 1 隻長碑磔貝，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-39）；諾亞碑磔貝的體長介於 7.1 至 25 公分，而長碑磔貝的體長則是 12.6 公分（圖 3-40）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 7 隻、銀塔鐘螺 1 隻(表 3-3)，體長分別介於 10 至 16 公分及 5.2 公分。小臺灣深水測站沒

有記錄到任何目標物種。在擴大範圍的調查中記錄到長碑磔貝 2 隻（圖 3-41），體長為 4.4 及 11.4 公分。

月鯉灣淺水測站記錄到 4 隻諾亞碑磔貝、1 隻長碑磔貝及 1 隻銀塔鐘螺(表 3-3)，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.8 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻，銀塔鐘螺之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-39）；諾亞碑磔貝的體長介於 5.9 至 17.8 公分，長碑磔貝的體長為 11.8 公分，銀塔鐘螺之體長為 6.7 公分（圖 3-42）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 4 隻、長碑磔貝 2 隻，體長分別介於 7.7 至 14.6 公分及 8.2 至 14.8 公分（圖 3-42）。月鯉灣深水測站一共記錄到 3 隻諾亞碑磔貝、4 隻長碑磔貝及 2 鱗碑磔貝，因此諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.8 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻（圖 3-39）。諾亞碑磔貝的體長介於 9.0 至 9.4 公分，而長碑磔貝的體長則是介於 7.1 至 12.6 公分（圖 3-43）。在擴大範圍的調查中另記錄到諾亞碑磔貝 4 隻、長碑磔貝 3 隻，體長分別介於 7.6 至 25.7 公分及 12.0 至 13.0 公分（圖 3-43）。

整體而言，七美兩樣點除了小臺灣淺水測站的諾亞碑磔貝密度為每一百平方公尺 1.6 隻，小臺灣深水測站及月鯉灣兩測站各物種之碑磔貝密度皆小於每一百平方公尺 1 隻，小臺灣深水測站測線內沒有觀察到碑磔貝（圖 3-39）。小臺灣淺水測站以諾亞碑磔貝為主要物種，測線內記錄到的 88.9% 為諾亞碑磔貝。另外，在小臺灣淺水測站測線外記錄到一隻銀塔鐘螺(表 3-3)；月鯉灣淺水測站測線內外記錄到 2 隻銀塔鐘螺。

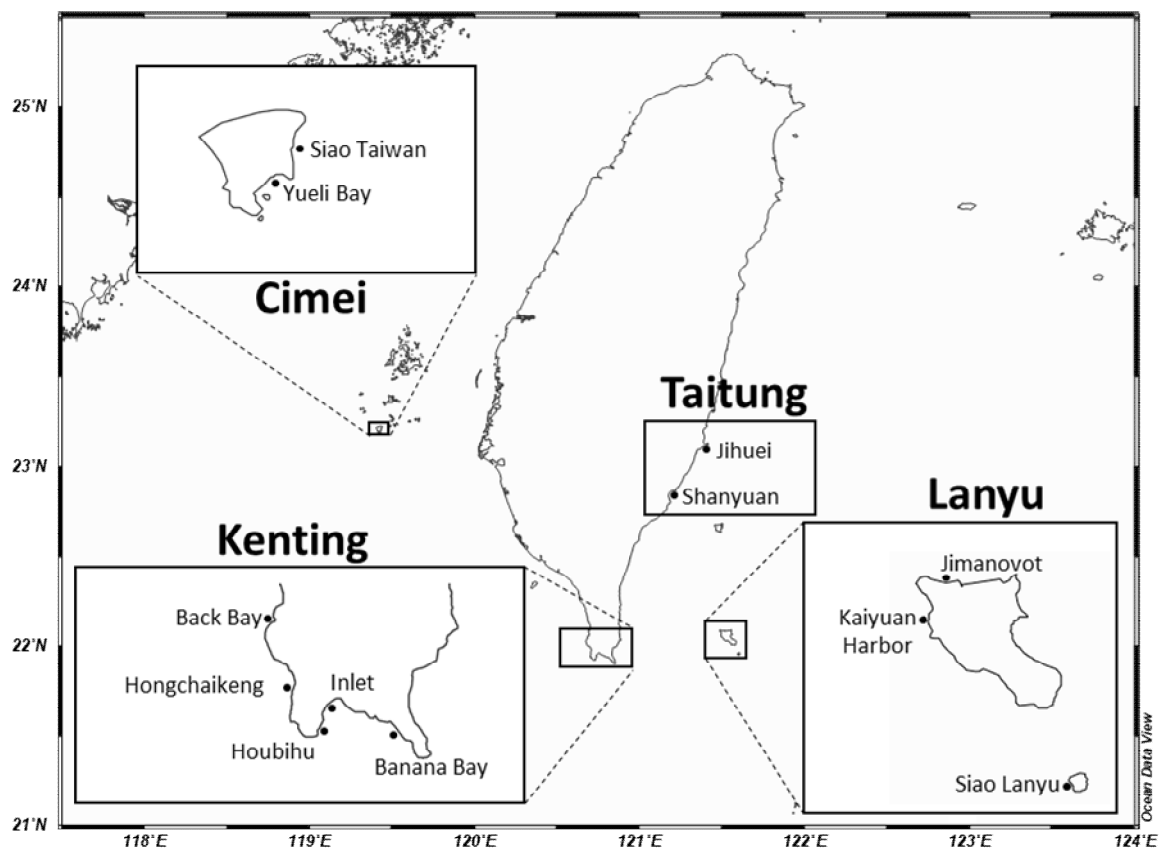


圖 3-13 本計劃之 12 個調查樣點。



圖 3-14 現地調查地點，臺東杉原海岸，調查時間 110 年 7 月 18 日。



圖 3-15 現地調查地點，臺東基翬海岸，調查時間 110 年 7 月 19 日。

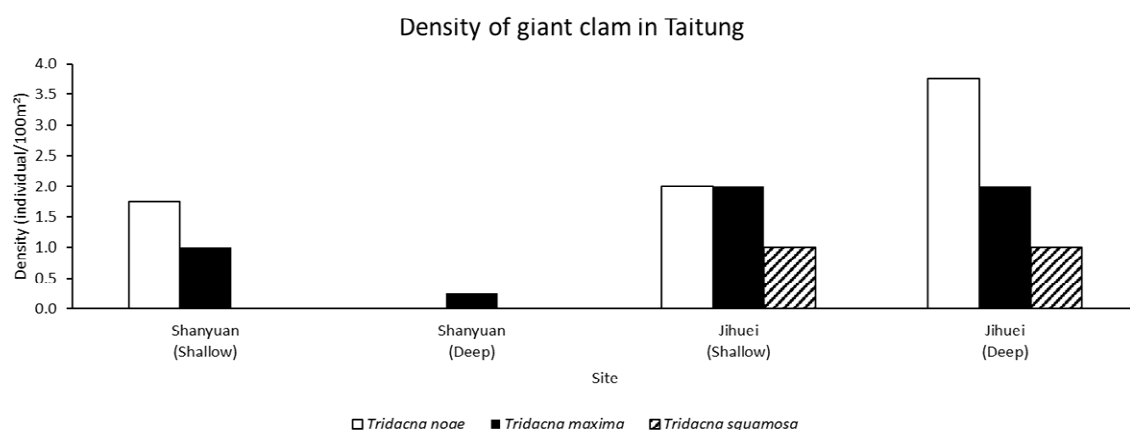


圖 3-16 臺東各樣點碑磔貝密度。X 軸為測站，Y 軸為密度。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

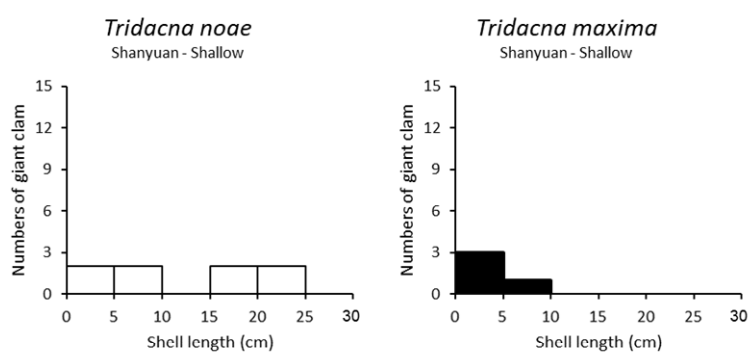


圖 3-17 杉原淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝

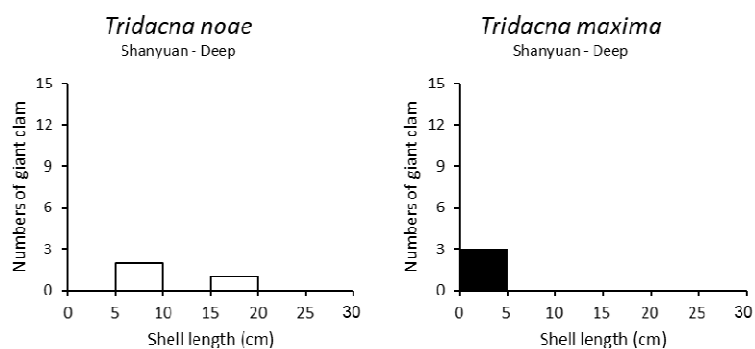


圖 3-18 杉原深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝

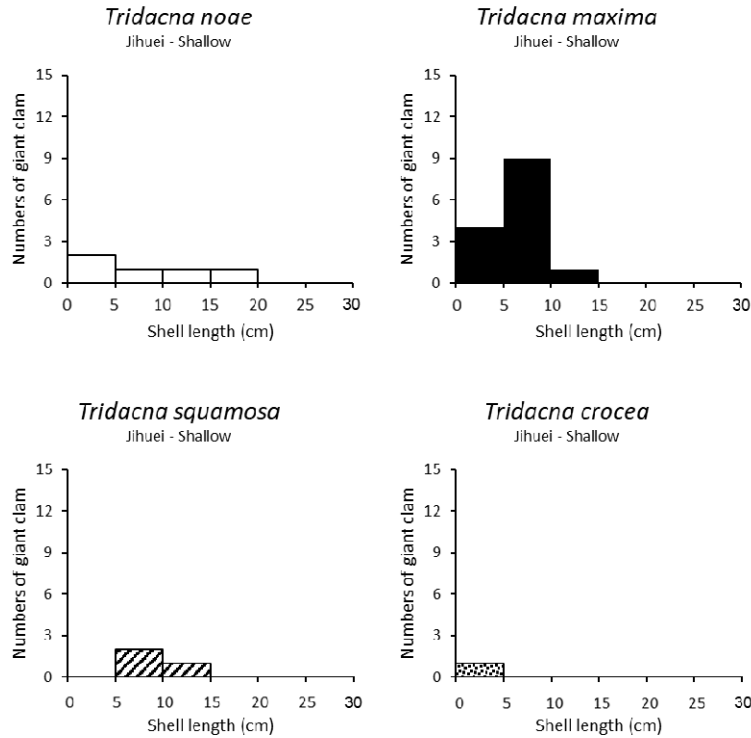


圖 3-19 基翬淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna crocea*：圓碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

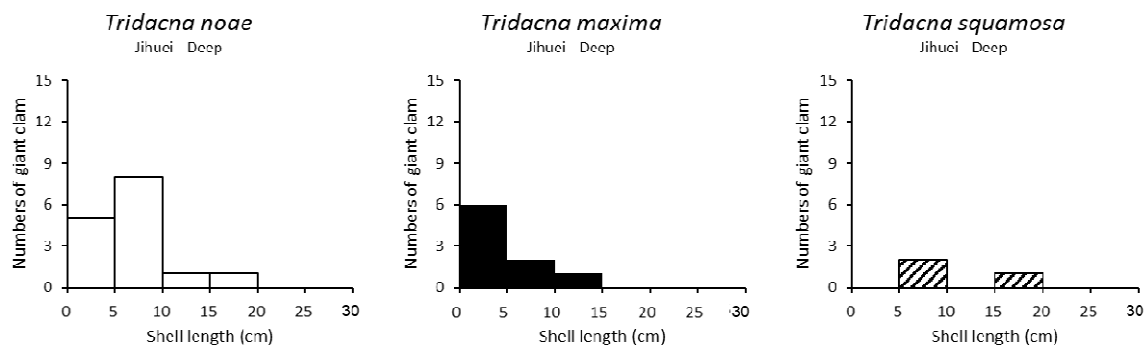


圖 3-20 基翬深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

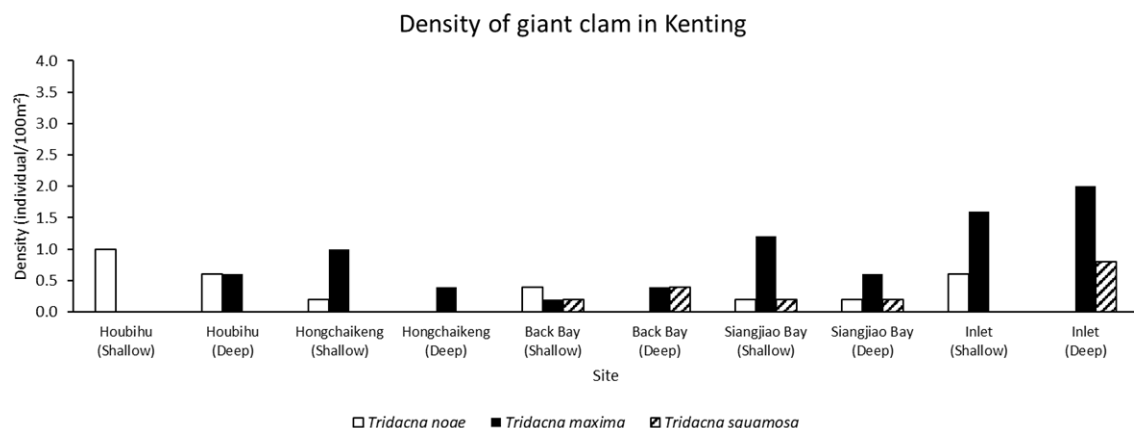


圖 3-21 墾丁各樣點碑磔貝密度。X 軸為測站，Y 軸為密度。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna crocea*：圓碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。Houbihu:後壁湖; Hongchaikeng:紅柴坑; Back Bay:後灣; Siangjiao Bay:香蕉灣; Inlet:入水口。

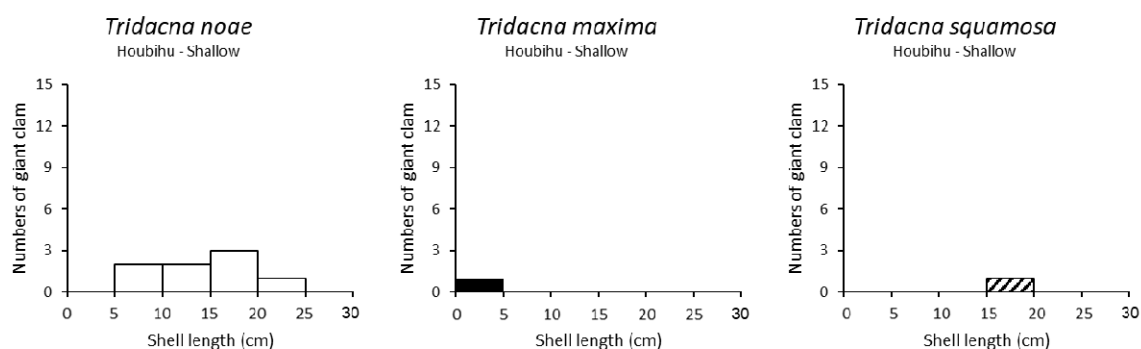


圖 3-22 後壁湖淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

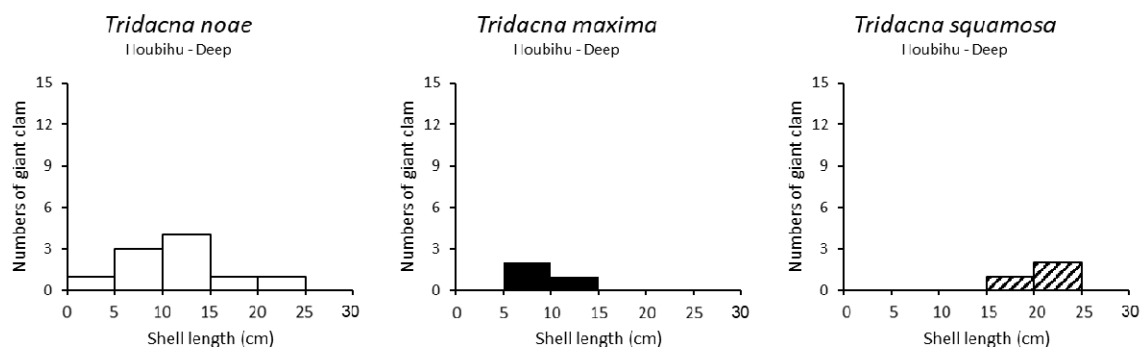


圖 3-23 後壁湖深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

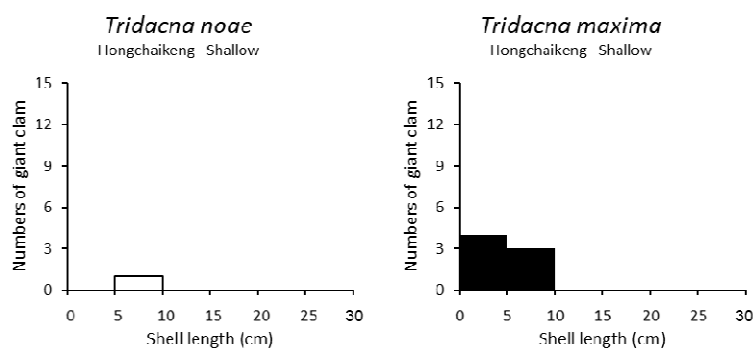


圖 3-24 紅柴坑淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

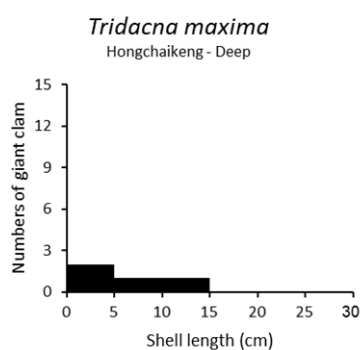


圖 3-25 紅柴坑深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna maxima：長碑磔貝。

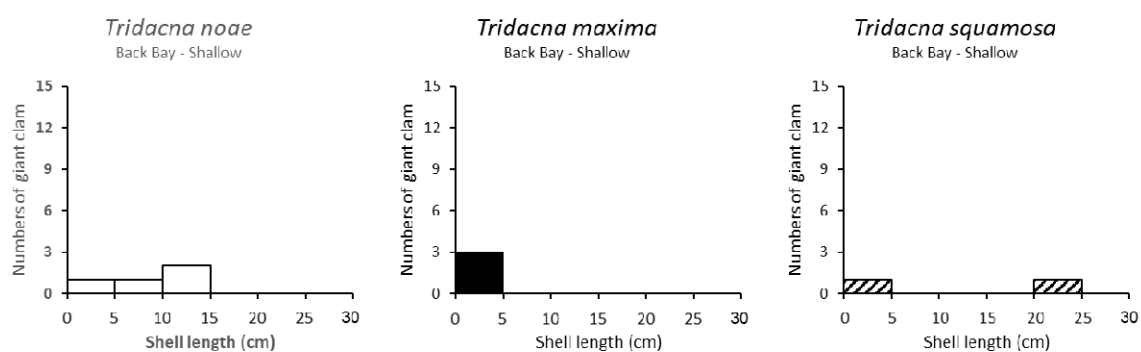


圖 3-26 後灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為測站，Y 軸為密度。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

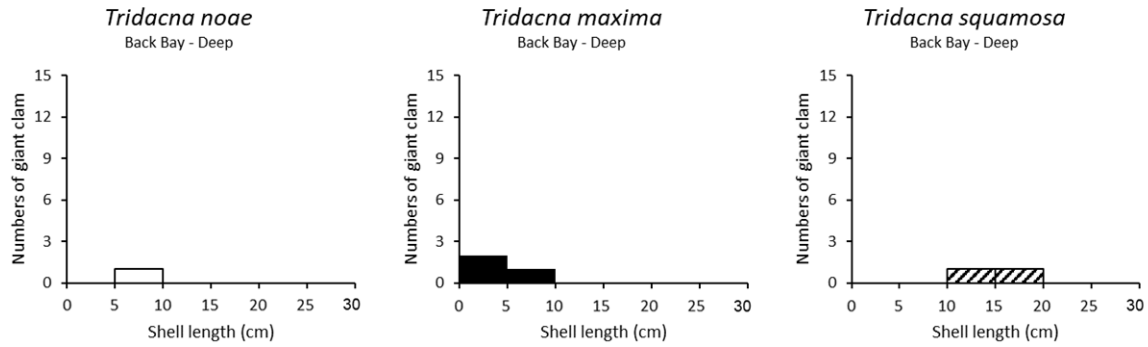


圖 3-27 後灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為測站，Y 軸為密度。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

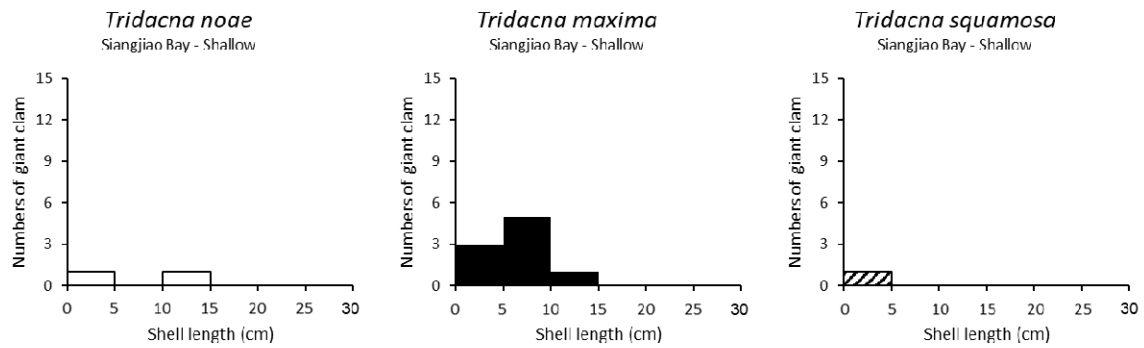


圖 3-28 香蕉灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為測站，Y 軸為密度。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

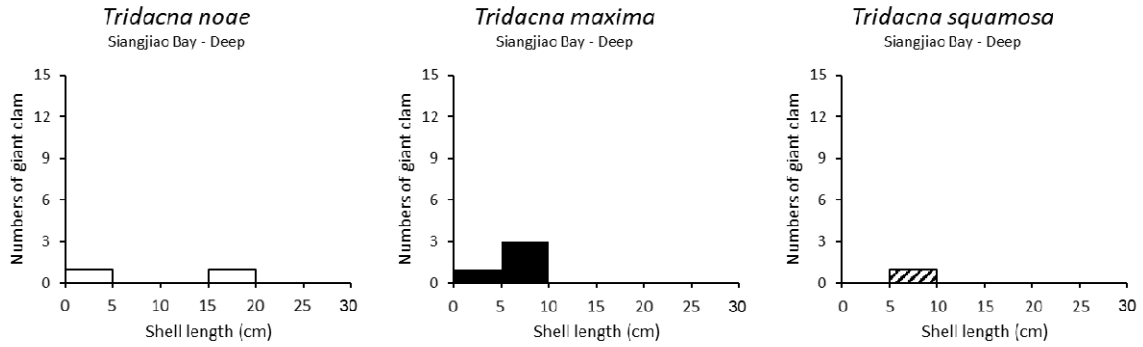


圖 3-29 香蕉灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為測站，Y 軸為密度。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

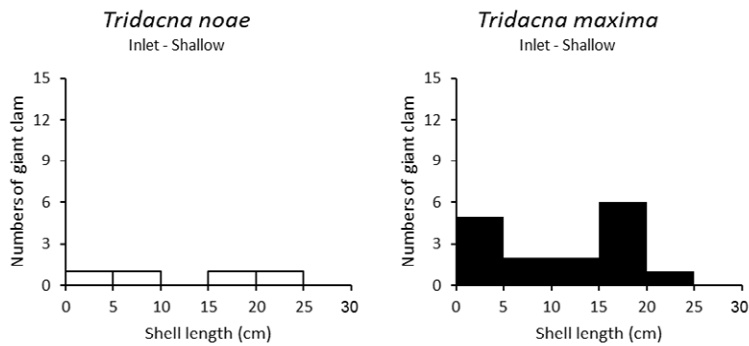


圖 3-30 入水口淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝

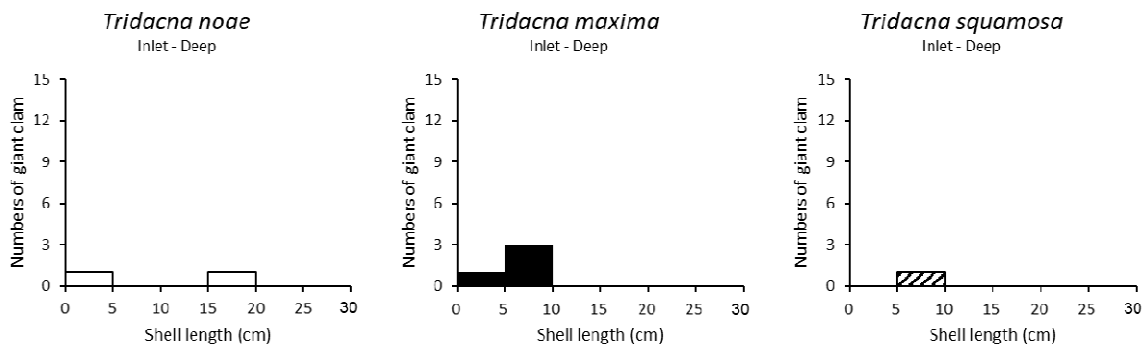


圖 3-31 入水口深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

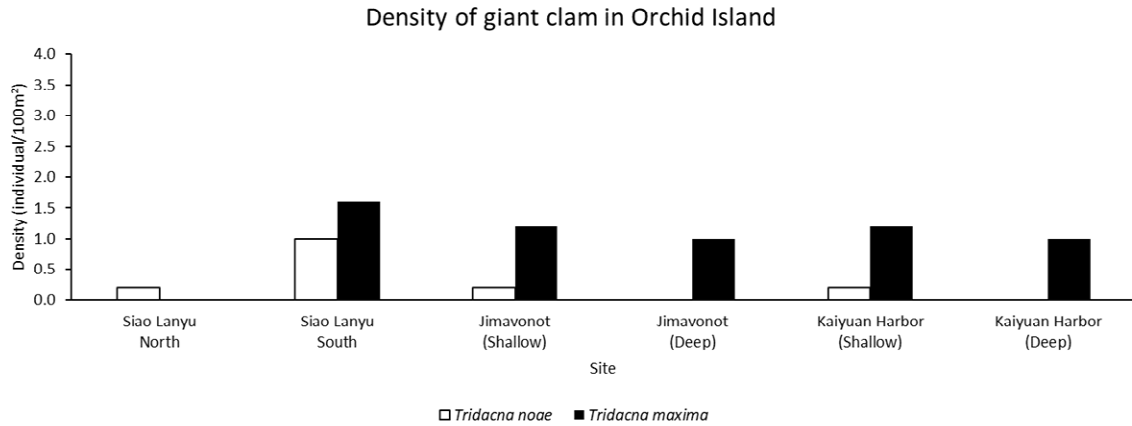


圖 3-32 蘭嶼各樣點碑磔貝密度。X 軸為測站，Y 軸為密度。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。開元港:Kaiyuan Harbor;玉女岩:Jimavonot; 小蘭嶼:Siao Lanyu。

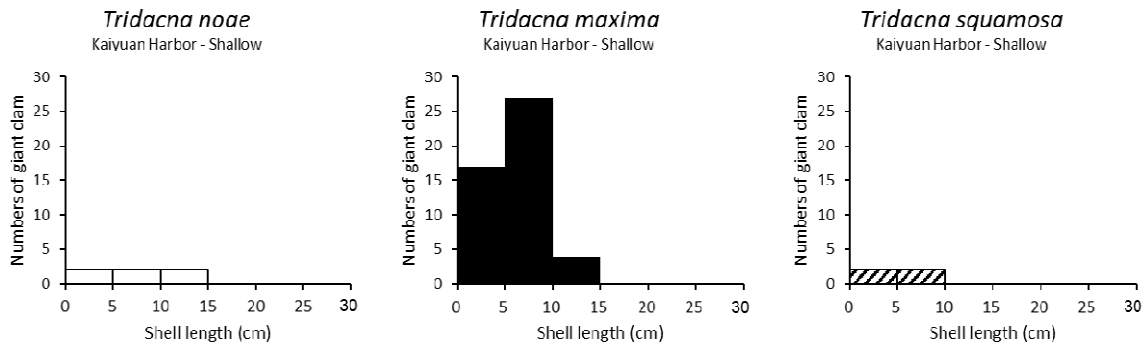


圖 3-33 開元港淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

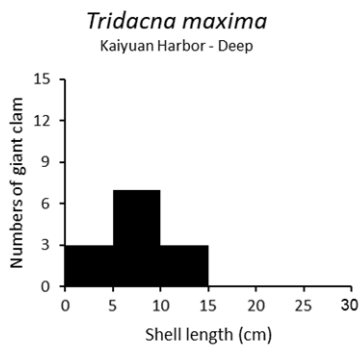


圖 3-34 開元港深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

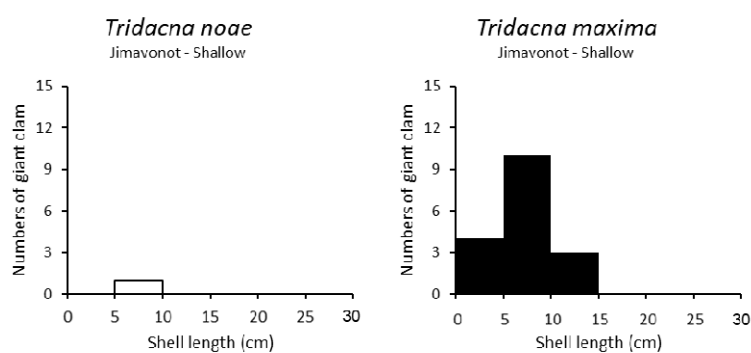


圖 3-35 玉女岩淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝

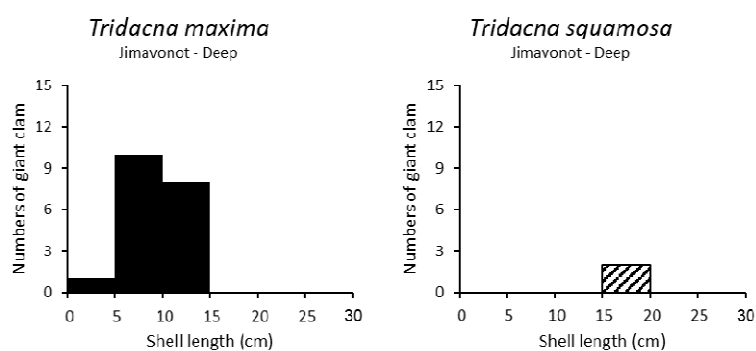


圖 3-36 玉女岩深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna maxima：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。

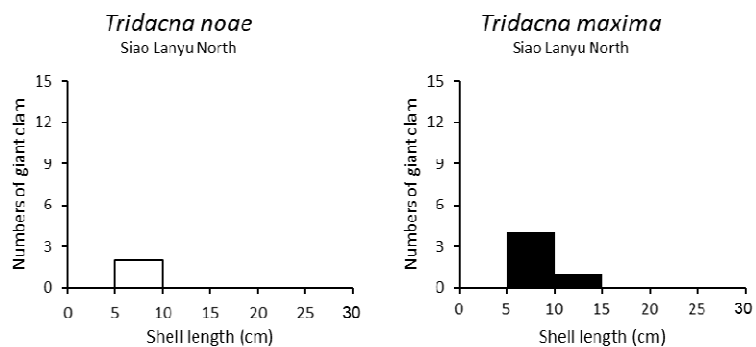


圖 3-37 小蘭嶼西測站（北）穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

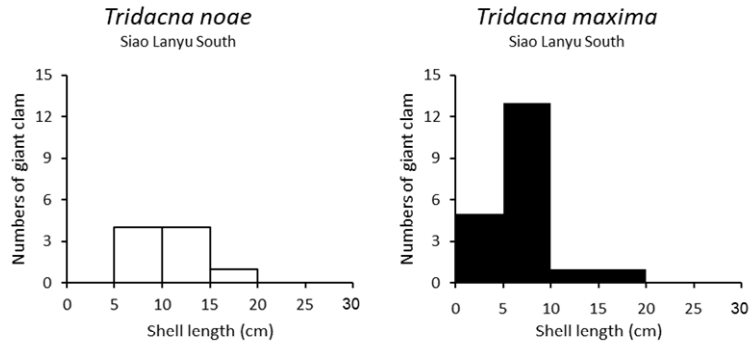


圖 3-38 小蘭嶼西測站（南）穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

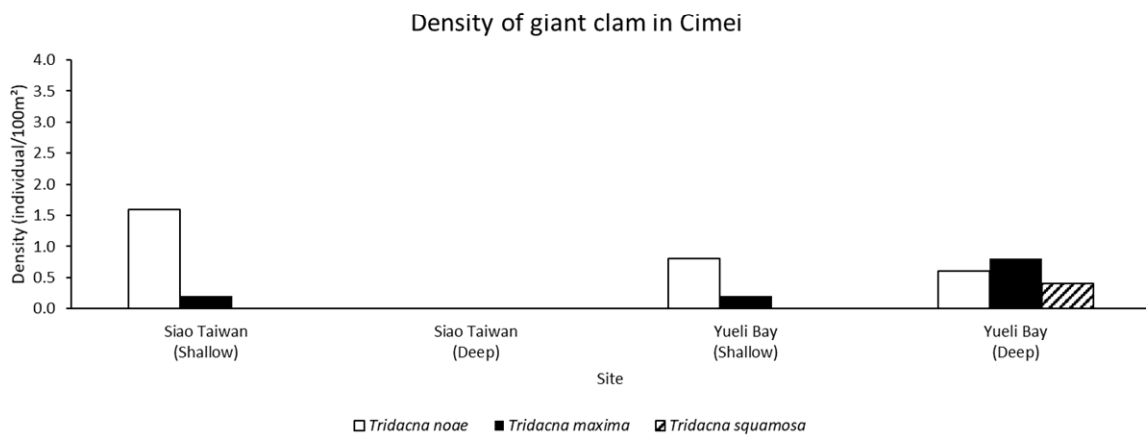


圖 3-39 七美各樣點碑磔貝密度。X 軸為測站，Y 軸為密度。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝；*Tridacna squamosa*：鱗碑磔貝。Siao Taiwan:小台灣; Yueli Bay:月鯉灣。

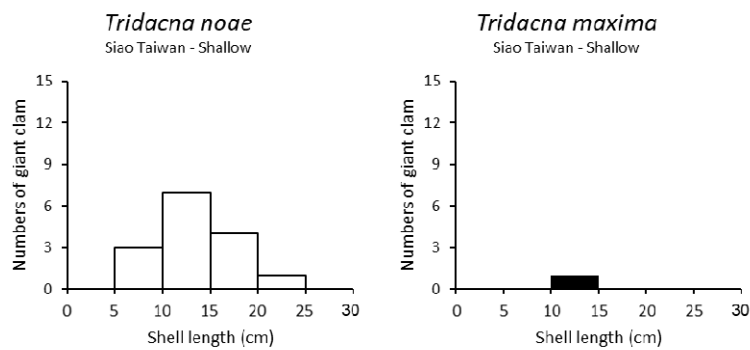


圖 3-40 小台灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。*Tridacna noae*：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

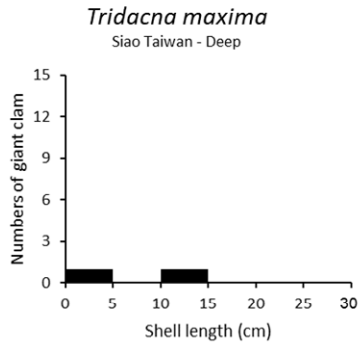


圖 3-41 小台灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna maxima：長碑磔貝。

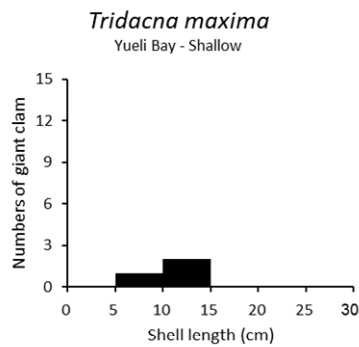
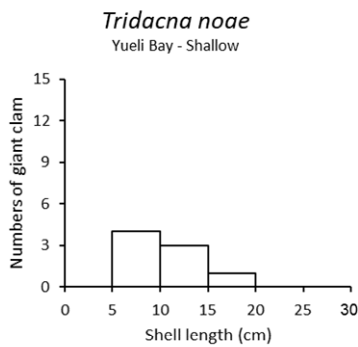


圖 3-42 月鯉灣淺水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

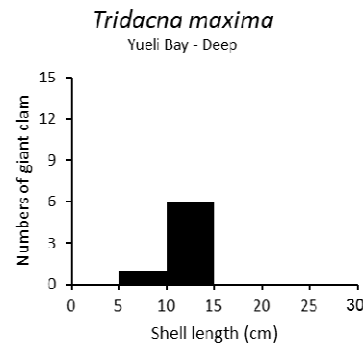
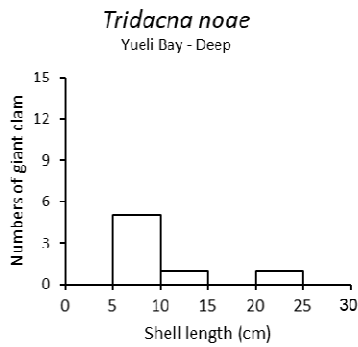


圖 3-43 月鯉灣深水測站穿越帶內外碑磔貝殼長分佈圖。X 軸為殼長，Y 軸為數量。
Tridacna noae：諾亞碑磔貝；*Tridacna maxima*：長碑磔貝。

表 3-2 現地調查樣點資訊一覽表。

地點	樣點	樣點代號	日期	深/淺	深度
臺東	杉原	Shanyuan	2021/7/18	淺	約 5 米
				深	約 8 米
	基 羣	Jihuei	2021/7/19	淺	約 5 米
				深	約 8 米
墾丁	後壁湖	Houbihu	2021/8/13	淺	約 4 米
				深	約 7 米
	紅柴坑	Hongchaikeng	2021/8/14	淺	約 4 米
			2021/8/22	深	約 11 米
	後灣	Back Bay	2021/10/3	淺	約 5 米
				深	約 8 米
	香蕉灣	Siangjiao Bay	2021/10/19	淺	約 5 米
				深	約 10 米
	入水口	Inlet	2021/10/19	淺	約 5 米
				深	約 10 米
蘭嶼	玉女岩	Jimanovot	2021/9/6	淺	約 6 米
				深	約 10 米
	開元港	Kaiyuan Harbor	2021/9/6	淺	約 8 米
				深	約 16 米
	小蘭嶼西測站（北）	Siao Lanyu North	2021/9/7	-	約 6 米
	小蘭嶼西測站（南）	Siao Lanyu South	2021/9/7	-	約 6 米
七美	小台灣	Siao Taiwan	2021/9/19	淺	約 5 米
				深	約 12 米
	月鯉灣	Yueli Bay	2021/9/19	淺	約 7 米
				深	約 11 米

表 3-3 大法螺及鐘螺於各樣點之現地調查結果。註:其它未列出之調查樣點為無大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺之觀察紀錄。

地區	樣點	深/淺	大法螺		銀塔鐘螺		馬蹄鐘螺	
			隻數	體長 (cm)	隻數	體長 (cm)	隻數	體長 (cm)
墾丁	後壁湖	淺	1	26.2	4	8.1-9.1	0	-
	後壁湖	深	1	28.8	0	-	0	-
	紅柴坑	淺	0	-	2	7.8-8.8	0	-
蘭嶼	開元港	淺	0	-	1	8.9	0	-
	玉女岩	深	0	-	1	10.3	0	-
七美	小台灣	淺	0	-	1	5.2	0	-
	月鯉灣	淺	0	-	2	6.7-7.8	0	-

3.2.2 碑磔貝形態及分子鑑定比對結果

在墾丁、蘭嶼及七美採集了共 21 隻碑磔貝組織樣本。以形態特徵鑑定之物種皆與分子生物分析之物種相符，其中有 10 隻為諾亞碑磔貝、9 隻為長碑磔貝、2 隻為鱗碑磔貝（圖 3-44）。於 NCBI 下載的序列涵蓋了碑磔亞科裡的兩個屬：碑磔貝屬及碑蠟貝屬。下載序列含有 2 隻似鱗碑磔貝（*Tridacna squamosina* Sturany, 1899），樣本採集地為埃及約旦；2 隻長碑磔貝，樣本採集地為美國及臺灣；3 隻圓碑磔貝，其中 2 隻來自帛琉，另一隻未註明採集地；2 隻鱗碑磔貝皆來自澳洲；5 隻諾亞碑磔貝，4 隻來自澳洲，一隻未註明採集地；一隻扇碑磔貝及一隻巨碑磔貝皆未註明採集地；兩隻魔鬼碑磔貝（*Tridacna mbalavuana* Ladd, 1934），一隻來自新喀里多尼亞及一隻未註明採集地；一隻瓷菱碑磔貝（*Hippopus porcellanus* Rosewater, 1982）及 2 隻菱碑磔貝皆未註明採集地（圖 3-44）。親緣關係樹分析的結果顯示，本計畫採集之碑磔貝皆與資料庫裡相同物種的序列被歸在同一個演化支，且有高度 bootstrap 數值支持。長碑磔貝演化支的 bootstrap 值為 87，但美國長碑磔貝序列並沒有與臺灣的樣本在同一個演化支下，可能與早期諾亞碑磔貝被視為長碑磔貝的隱蔽種有關。鱗碑磔貝演化支的 bootstrap 值為 99；諾亞碑磔貝演化支的 bootstrap 值為 91。目前結果顯示臺灣的碑磔貝無長碑磔貝與諾亞碑磔貝的雜交種存在，此點與澳洲的研究結果不同。

Tree scale: 0.02

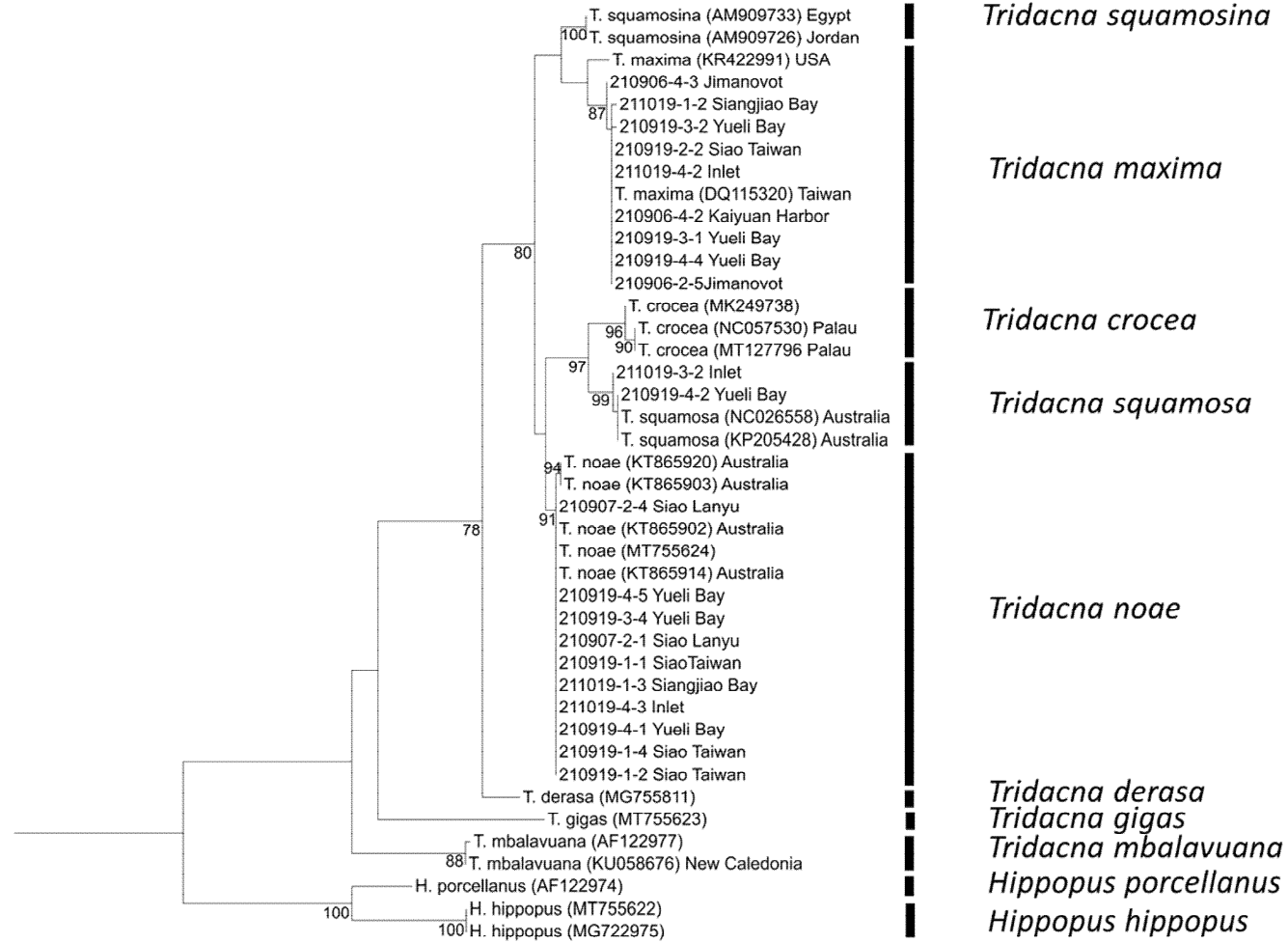


圖 3-44 粒線體基因體內 16S rRNA 片段以最大似然法（Maximum Likelihood）建構的親緣關係樹。括號的序列名稱是 NCBI 資料庫下載的數據。

3.3 研訂碑礫貝及其它重要螺貝類調查紀錄手冊

碑礫貝及其它珊瑚礁螺貝類是定棲型或移動速度慢的物種，這些種類主要分布在潮間帶到亞潮帶淺海域，為達成調查目的需要先具備水肺潛水的能力，並對擬調查的螺貝類有基本的認識，因此，本調查記錄手冊內容分三部分敘述，包括一、潛水安全規範；二、碑礫貝、大法螺、馬蹄鐘螺及銀塔鐘螺物種辨識；三、碑礫貝及其它重要螺貝類野外調查方法。詳述如下：

3.3.1 潛水安全規範

水肺潛水是一項專業且具潛在風險的活動，因此必須受過專業的訓練及認證才可以進行。潛水員活動時，完全仰賴裝備供應水下呼吸所需的空氣，因此，瞭解及檢查好自身的裝備非常重要。注意事項如下：

1. 潛水一定要有潛伴，不可獨自下水，不熟悉的水域環境，需有潛導帶領，如有潛導帶隊，需全程服從潛導的指令，不可自行脫隊潛水。
2. 不潛原則，天氣不好不潛，能見度不好不潛，身體狀況不好不潛，浪大不潛，閃電打雷不潛，上下岸困難不潛，沒有潛伴不潛，裝備不齊不潛，酒後或宿醉不潛，有流不潛。
3. 潛水過程需隨時保持中性浮力，盡量不碰觸海底為原則，若要"登陸"，選擇砂質或是礫石地形，避免"降落"有生物之處，遭致破壞海底生態。
4. 維持中性浮力，依需求控制 BC 之充氣或洩氣。
5. 潛水過程禁止憋氣上升及下潛，勿將面鏡或二級頭拿開，避免危險發生。
6. 許多水中生物具有毒性，有些動物有攻擊性，需注意及遠離，以保護自身安全。
7. 需隨時與潛伴保持視線與聯絡，避免走散。
8. 岸潛如不知水深與底質環境，請走入水中，穿好蛙鞋再下潛；如於有深度的堤防或斷崖，可使用跨步或是前翻入水；船潛於前後甲板可用跨步式入水，船舷兩側可用背滾式入水。入水後立即離開下水區，方便其他人下水，若於浪區下水，需側身擋浪前進，不可正面迎浪。
9. 船潛通常會有繩索錨鉤，下潛或上升時，可利用繩索往返，可節省精力，但仍需做好安全停留。

10. 安全停留，不管是岸潛或船潛，若超過表定深度，潛完上岸時，需在五公尺深處，按照電腦錶指示，完成三分鐘的安全停留，降低體內氮氣存量。
11. 每日潛水支數勿過多，避免超過免減壓潛水時間，潛水深度須由深至淺，第一支先潛深處。
12. 潛水時，須保持深度，若有潛導避免自身潛水深度超過潛導，以免減壓時間不足而不自知。
13. 潛水須注意與潛導或潛伴之距離，避免太近互相碰撞或太遠無法及時協助。
14. 若長時間未潛水，再次潛水時，須先練習與複習危機處理。
15. 在水中，為避免找錯潛伴或導潛，下水時需注意潛伴及潛導的裝扮。
16. 岸潛時，近礁岩處通常會有湧浪，當湧浪是逆向時，請停止踢動蛙鞋，待順向時，再踢動蛙鞋前進，以節省體力與空氣量。
17. 遇有海流時，就盡量貼著海床，有東西可攀附就抓著，若前導指令是放流潛水，就請提升高度，做好中性浮力，跟著潛導走，若指令是逆流回到上升點，可用手攀附礁岩前進，雙腳踢動蛙鞋輔助。
18. 重裝組裝與壓力檢查部分，安裝調節器前，先將氣瓶的膠帶撕掉，避免未撕開造成供氣不足，安裝好重裝後，先檢查氣瓶壓力，若低於190BAR，需更換氣瓶，務必維持190以上。
19. 潛水過程中，需隨時檢查氣瓶壓力，若氣瓶壓力只剩50BAR，就要立即通知潛伴，或是潛導教練，做後續的安排，避免發生危險。
20. 若自身氣瓶氣壓不足，若在深水域，務必與潛伴用共生的方式，回到水面；若潛伴距離太遠，無法及時救援，在水淺處亦可緩慢踢動蛙鞋，回到水面，過程中不可憋氣，須保持吐氣的狀態。
21. 潛水完畢，回到5公尺做安全停留時，上升速度要緩慢，SSI規定，上升速度每分鐘不可超過9公尺，可以參考吐出氣泡大小，最小的，不要超過像米粒般大小的氣泡之速度即可。下潛速度不得超過每分鐘22公尺，緩慢下潛較易做耳壓平衡及調整呼吸。
22. 若海況變差放棄潛水時，請依照潛導指令動作，如要做安全停留，請與潛伴互相支持，若海流很強，基本上不做安全停留，直接回到水面，這時要注意速度與呼吸，不可太快回到水面，呼吸也需保持正常，不可憋氣。

23. 下潛時，邊下潛邊作中性浮力，尤其是底棲生物很多的地方，在著地前就需做好中性浮力，浮在水中，避免破壞海底珊瑚礁。

浮力袋是水面上標示該處有水下活動的一種安全警示設施，精簡版打浮力袋敘述如下：

1. 確認打浮力袋的空間，不會纏到任何人
2. 攤平浮力袋，確認沒有沾黏，氣體可以順利充進去
3. 將浮力袋與線軸連接
4. BC 放氣，讓自己處於微負浮力
5. 檢查浮力袋是否筆直，可將氣體順利充入
6. 檢查浮力袋與線軸，會不會在充氣過程纏繞住裝備
7. 用備二將氣體打入浮力袋
8. 灌入足夠多的氣體後，將浮力袋釋放
9. 將 BC 氣體放光，開始用雙頭勾收線
10. 安全停留後回到水面

3.3.2 物種辨識

3.3.2.1 碑磔貝物種辨識

碑磔貝的物種鑑定及分類特徵包括外殼的放射肋數量、足絲孔大小、鱗片發達程度等（圖 3-1），活體的外套膜特徵也是重要的物種鑑定依據，例如外套膜展開程度、花紋、眼點排列方式等，臺灣有記錄的碑磔貝物種之形態特徵如表 3-4 所示。

菱碑磔貝（圖 3-45）又稱 horse's hoof clam 或 strawberry clam，本種生活於珊瑚礁底質上，無足絲孔（圖 3-46），不會分泌足絲將自己固定在底質上（Rosewater 1965），最大可達 50 公分（Mingoa-Licuanan & Gomez，2007），呈三角形，殼上有明顯的放射肋，肋上有紅或褐色斑塊，外套膜底色有黃棕色或深咖啡色，上有細橫線條，外套膜完全展開不會超過外殼邊緣。

圓碑磔貝（圖 3-47）屬於體型較小的種類，最大殼長為 15 公分（Rosewater 1965），本種部分或全部殼會埋藏在珊瑚礁底質內，外殼放射肋上有鱗片，足絲孔呈長橢圓形（圖 3-48），會分泌足絲將自己固定在底

質上外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有點狀或斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點密集，且外有一圈深或淺色花紋。

扇碑磔貝（圖 3-49）又稱 smooth giant clam，最大可達 60 公分（Lucas 1988），本種生活於珊瑚礁底質上，外殼放射肋不明顯，足絲孔小（圖 3-50），外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜邊緣有一窄藍色條帶，上有眼點分布。

巨碑磔貝（圖 3-51），體長最大的個體有 137 公分長、230 公斤重（Rosewater 1965），最重的個體達 500 公斤、106 公分長（Lucas 1994），本種生活於珊瑚礁底質上，外殼放射肋非常明顯，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜邊緣有一窄藍色條帶，外套膜邊緣眼點稀疏，且外有一圈藍色花紋，幼貝時期足絲孔小（圖 3-52），隨成長逐漸癒合（圖 3-53）。

長碑磔貝（圖 3-54）最大的記錄是 42 公分（Stasek 1965），本種部分或全部殼會埋藏在珊瑚礁底質上，外殼有 4-6 個放射肋，放射肋上有鱗片，足絲孔大（圖 3-55），會分泌足絲將自己固定在底質上，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有點狀或斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點密集。

諾亞碑磔貝（圖 3-56）最大達 28 公分（Borsa et al. 2015），本種部分或全部殼會埋藏在珊瑚礁底質上，外殼有 5-7 個放射肋，放射肋上有鱗片，足絲孔大（圖 3-57），會分泌足絲將自己固定在底質上，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有水滴狀花紋，外套膜邊緣之眼點不密集。

鱗碑磔貝（圖 3-58）又稱 fluted giant clam，最大達 43 公分（Hutsell et al. 1997），本種部分或全部殼會埋藏在珊瑚礁底質上，外殼有 4-5 個放射肋，放射肋上有很發達的鱗片，足絲孔明顯（圖 3-59），外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點稀疏。

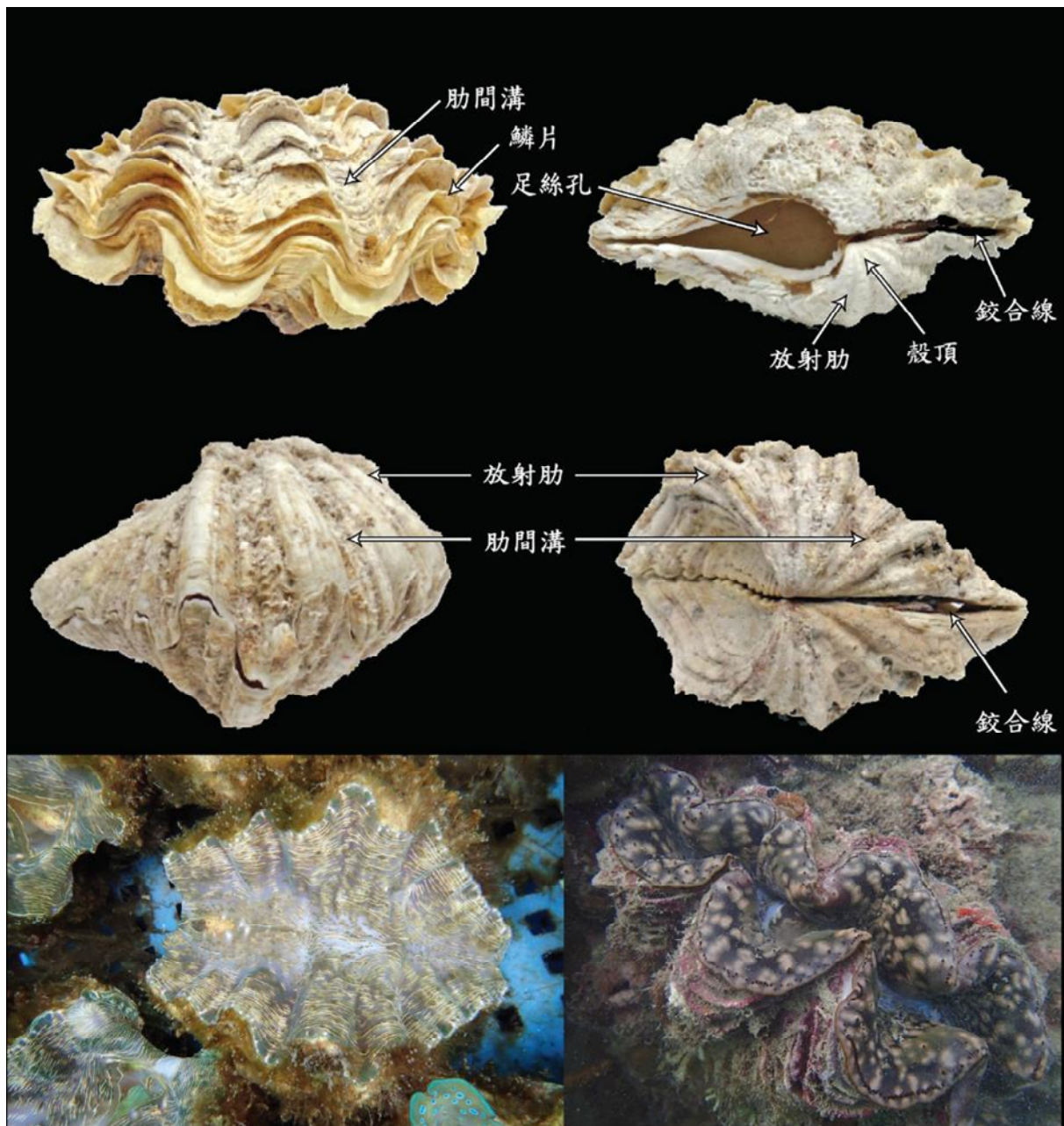


圖 3-1 碑磔貝屬 (*Tridacna*，上圖) 及 碑蠔貝屬 (*Hippopus*，下圖) 貝殼各部位名稱。碑磔貝屬 (右圖) 及 碑蠔貝屬 (左圖) 物種之外套膜完全展開會/不會超過殼緣。碑蠔貝屬樣本為菲律賓人工繁養殖個體。

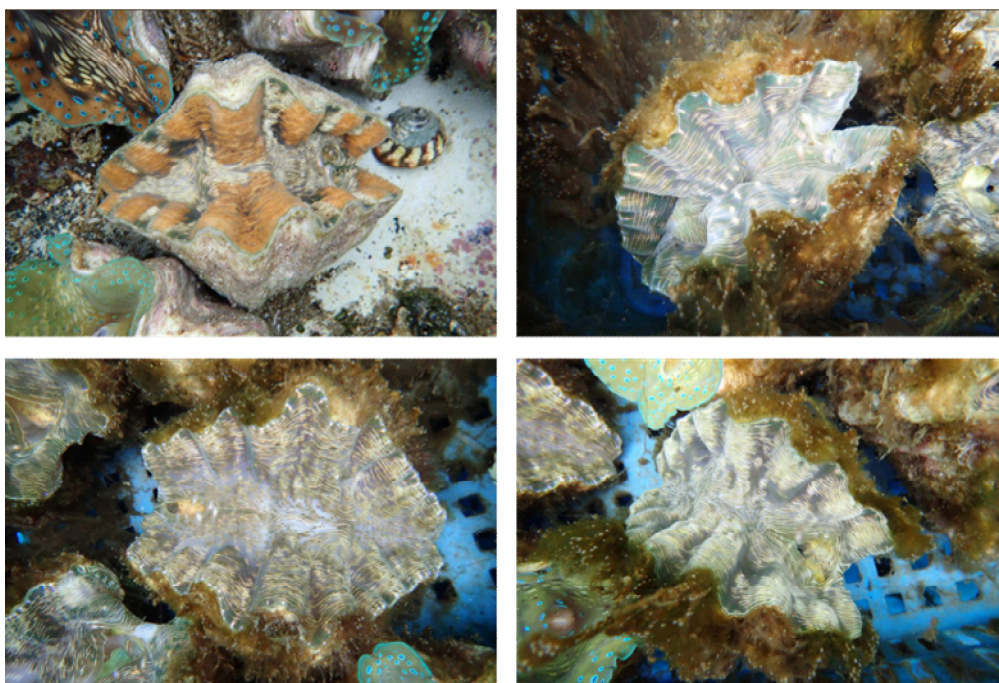


圖 3-45 菱碑磔貝之形態及外觀。樣本來源: 菲律賓人工繁殖個體

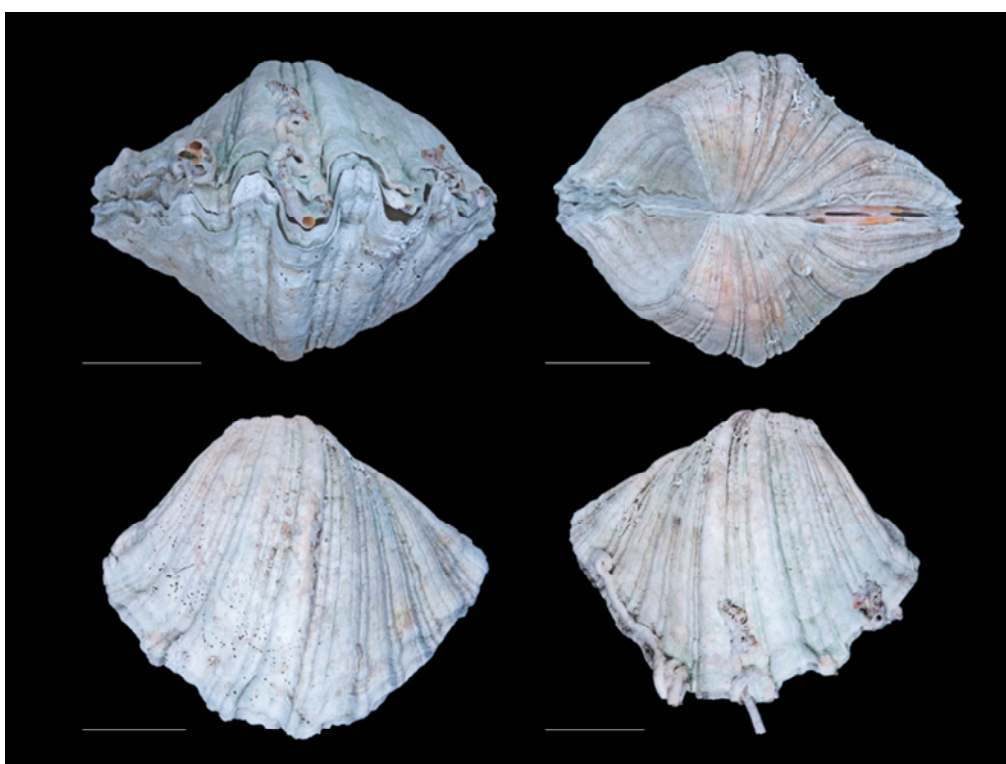


圖 3-46 菱碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



圖 3-47 圓碑磔貝之形態及外觀。

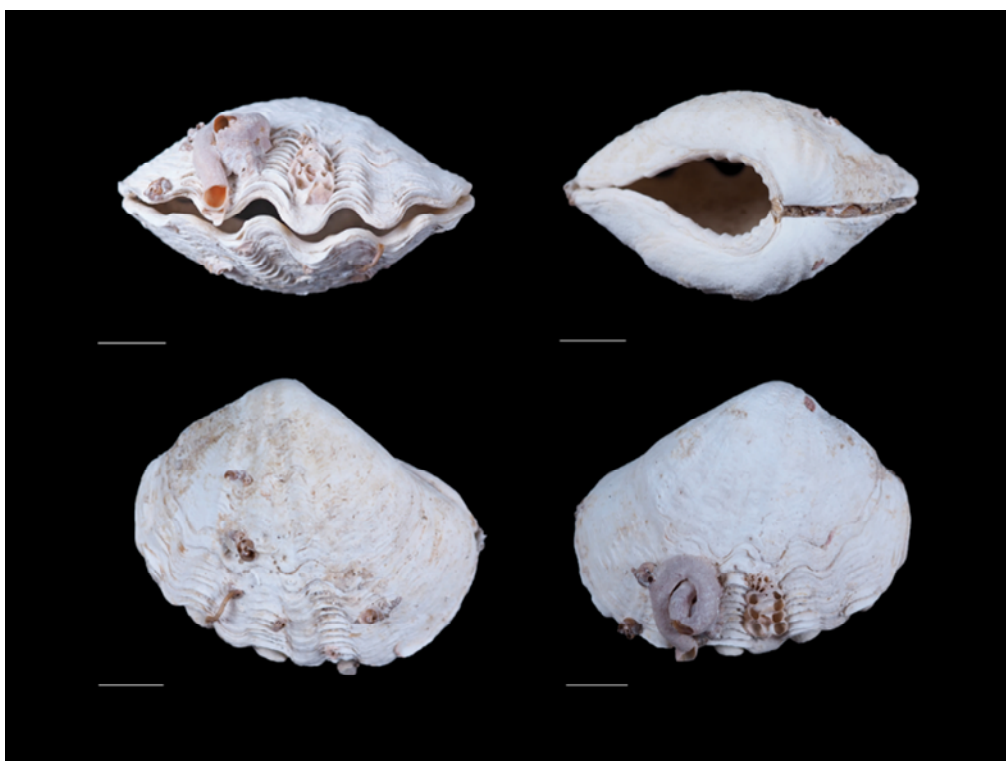


圖 3-48 圓碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



圖 3-49 扇碑磔貝之形態及外觀。樣本來源:早期購自水族館



圖 3-50 扇碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



圖 3-51 巨碑碟貝之形態及外觀。 樣本來源:菲律賓人工繁殖個體

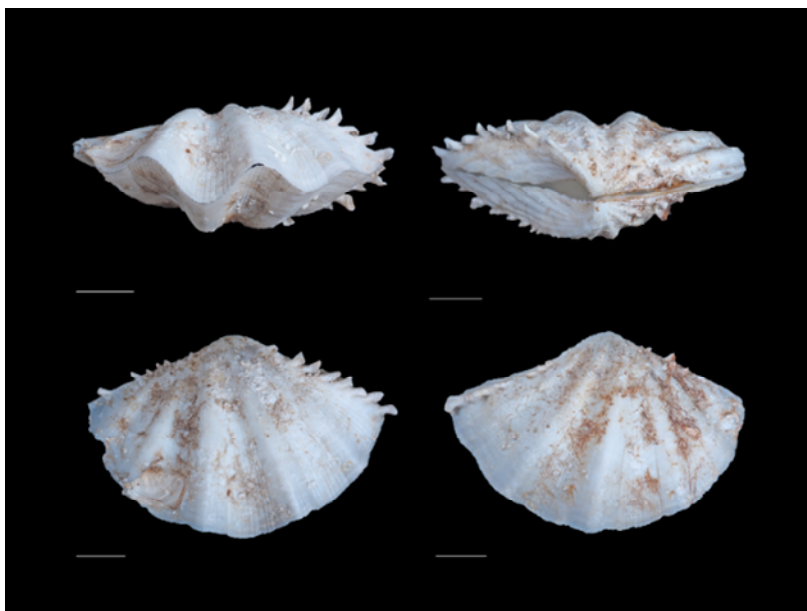


圖 3-52 巨碑碟貝幼貝貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。

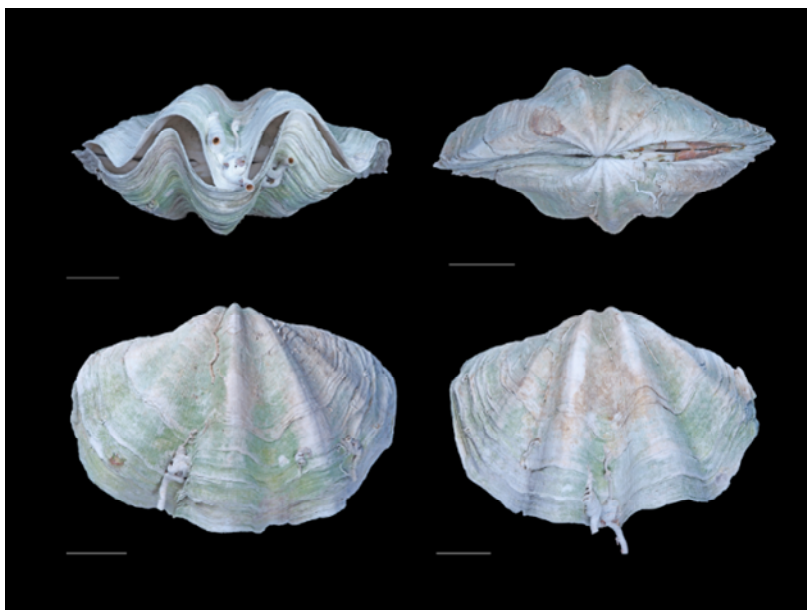


圖 3-53 巨碑碟貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



圖 3-54 長碑磔貝之形態及外觀。



圖 3-55 長碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



圖 3-56 諾亞碑磔貝之形態及外觀。

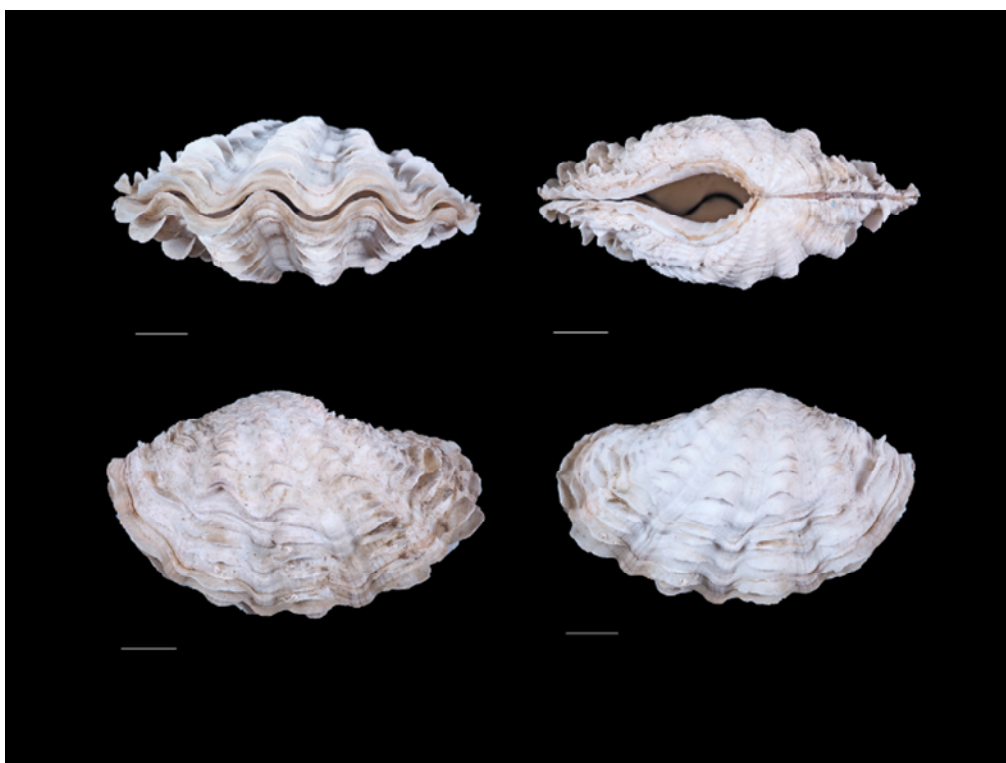


圖 3-57 諾亞碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。

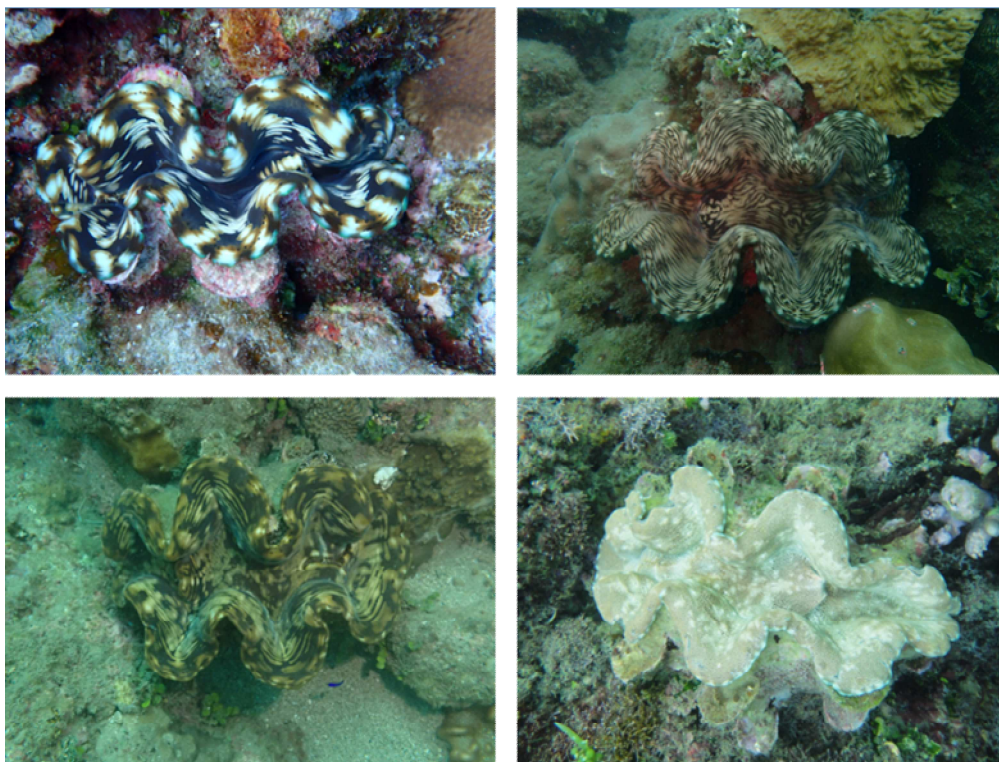


圖 3-58 鱗碑磔貝之形態及外觀。



圖 3-59 鱗碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。

臺灣碑磔貝檢索表

檢索表是生物學上利用生物的形態特徵，協助辨識物種的一種工具。
以下檢索表提供臺灣有記錄的 7 個碑磔貝物種野外辨識依據。

1a 外套膜完全展開會超過殼緣-----2

1b 外套膜完全展開不會超過殼緣-----菱碑磔貝 *Hippopus hippopus*



1a



1b

2a 外套膜邊緣花紋為藍色細條帶-----扇碑磔貝 *Tridacna derasa*

2b 外套膜邊緣花紋非藍色細條帶-----3



2a

3a 外套膜邊緣花紋為水滴狀花紋-----諾亞碑磔貝 *Tridacna noae*

3b 外套膜邊緣花紋非水滴狀花紋-----4



3a

4a 外套膜邊緣眼點為稀疏藍色空心或實心圓點----巨碑礫貝 *Tridacna gigas*

4b 外套膜邊緣眼點非稀疏藍色空心或實心圓點-----5



4a

5a 外套膜邊緣眼點排列密集-----6

5b 外套膜邊緣眼點排列稀疏-----鱗碑礫貝 *Tridacna squamosa*



5b

6a 外套膜邊緣樣點有一圈深或淺色花紋-----圓碑礫貝 *Tridacna crocea*

6b 外套膜邊緣樣點沒有一圈深或淺色花紋-----長碑礫貝 *Tridacna maxima*



6a



6b

表 3-4 臺灣碑磔貝記錄種之形態特徵一覽表。

中文名	菱碑磔貝	圓碑磔貝	扇碑磔貝	巨碑磔貝	長碑磔貝	諾亞碑磔貝	鱗碑磔貝
最大殼長(cm)	50	15	60	137	42	28	43
足絲孔	無	大	小	幼貝小， 成貝癒合	大	大	中等
棲息處	底質上	多於底質內	底質上	底質上	部分或全部於底質上	部分或全部於底質上	底質上
放射肋	8-12	4-5	無或不明顯	4-5	4-6	5-7	4-5
鱗片	不發達	發達或不發達	不發達	發達或不發達	通常發達	通常發達	大且發達
外套膜伸展	不超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣
外套膜底色	綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕
外套膜邊緣花紋	淡色細長條紋	點狀或斑塊狀花紋	藍色細條帶	深色寬條帶	點狀或斑塊狀花紋	水滴狀花紋	斑塊狀花紋
外套膜邊緣眼點	無	密集外有一圈深或淺色花紋	排列鬆散	稀疏藍色空心或實心圓點	排列密集	排列鬆散	排列稀疏

3.3.2.2 大法螺物種辨識

大法螺殼形為水滴形（圖 3-60），殼表光滑，外殼呈淡棕色，上有深褐色與白色相間之箭頭狀花紋，殼口大，內面是橘色，內唇厚且有斑馬紋，外唇有黑斑，觸角顏色為黑白相間，角質之口蓋為棕黑色。

3.3.2.3 馬蹄鐘螺物種辨識

馬蹄鐘螺（圖 3-61）殼底周緣亦有管狀突起環繞，體層及殼底之管狀突起隨著成長逐漸消失；殼底平，上有紅色斑點，角質之口蓋為棕色。

3.3.2.4 銀塔鐘螺物種辨識

銀塔鐘螺（圖 3-62）殼呈圓錐形，殼表光滑，呈灰色，有綠色斑紋，幼螺期，各螺層延著縫合處有管狀突起以環繞殼體的方式排列，殼底周緣亦有管狀突起環繞，體層及殼底之管狀突起隨著成長逐漸消失；殼底白色平滑，上有細同心圓紋路，角質之口蓋為淡棕色。



圖 3-60 大法螺之形態及外觀。



圖 3-61 馬蹄鐘螺之形態及外觀。



圖 3-62 銀塔鐘螺之形態及外觀。

3.3.3 碑礫貝及其它重要螺貝類野外調查方法

國際上調查珊瑚礁區珊瑚覆蓋率或是定棲性物種時通常使用「穿越帶」(transect) 調查法，依調查區域特性以岸潛或船潛方式進行現地調查 (Hodgson et al., 2006)，每個地點涵蓋深淺兩種不同深度的調查測站，測站實際深度依現地特性而有所調整。雖然國外參考文獻曾提及在東加等海水清澈地區，碑礫貝可分布至水深 30 公尺以下，但水深 10 公尺以淺是碑礫貝主要的分布場域 (Neo et al., 2017)，因此調查深度建議維持在水深 20 公尺以淺的海域。進行調查作業時以四人(含)以上較佳。

每個地點依現地狀況，選取含平行海岸線之淺（約 5 公尺）、深（約 10 公尺）共二樣區，或淺（約 5 公尺）、中（約 10 公尺）、深（約 15 公尺）共三樣區，每個樣區內設置四條 20 公尺穿越帶，每條穿越帶的間隔為 5 公尺，因此穿越帶長度與間隔加總長度為 100 公尺，建議可於測線頭尾以浮力袋作標示，浮力袋操作方法列於 3.3.1 潛水安全規範中，每條穿越帶以皮尺為中心，紀錄二側各 2.5 公尺範圍內，碑礫貝或其他重要螺貝類的種類及體長大小 (Hodgson et al., 2006；<https://www.reefcheck.org/tropical-program/tropical-monitoring-instruction/>)。

在現地進行調查同時需對目標物種做影像紀錄，拍攝時，要盡量避免干擾碑礫貝，使其外套膜維持伸展的狀態，才能藉由觀察碑礫貝外套膜上的花紋及顏色辨識其種類；螺貝類不同物種體長大小測量方式參考 Pakoa et al. (2014)。此外，每一地點在定量調查完成後，另進行擴大調查範圍的潛水普查工作，進行方式為繼續留在現地往測線外擴大蒐尋，以為定性分析的參考依據。

3.4 碑礫貝保育等級評估

3.4.1 全球性碑礫貝保育等級評估

史卡特爵士 (Sir Peter Scott) 於 1963 年提出《紅皮書報告》(Red Data Books)，可視為保育評估工具，其中心概念為對物種或分類群 (taxon)，進行風險評估分析，衡量其野生族群存續是否遭受威脅；在這紅皮書報告中，有野生物種存續威脅程度定義以及受威脅野生物種名錄清單；依此定義，多個國家，如美國、歐洲各大國、日本與我國逐步發展出適合自己國家判斷野生物種受威脅程度的評估方法，其中最廣泛使用的是國際自然保育聯盟 (International Union for Conservation of Nature，以下簡稱 IUCN) 的紅皮書系統。

全球最早的一份《紅皮書名錄》(Red list of threatened Plants) 即是由 IUCN，依據史卡特爵士所提出的概念，在 1964 年完成。IUCN 轄下有六個委員會，其中的物種存續委員會 (Species Survival Commission, SSC) 主要職責為制定紅皮書名錄。目前有超過 9000 位科學家自願參與評估工作，SSC 的目標數是完成 160,000 種生物的評估，現已完成 134,425 種。

IUCN 對於物種受威脅程度的評估標準列於《IUCN 紅皮書類別及標準》(IUCN Red List Categories and Criteria) 中，目前的版本為 3.1 版 (IUCN 2012b)，主要的評估標準 (criteria) 有 5 項，包含族群快速下降 (rapid population reduction)；族群分布侷限、碎裂化、下降或嚴重波動 (small range and fragmented, declining, or extreme fluctuations)；小族群且持續下降 (small population and declining)；非常小的族群 (very small population) 以及量化分析 (quantitative analysis)。每項標準下有各自的次標準 (sub-criteria)，依此將野生物種區分成 9 個類別 (categories)，分別為未評估 (Not Evaluated, NE)、不符合區域評估 (Not Applicable, NA)、資料缺乏 (Data Deficient, DD)、暫無危機 (Least Concern, LC)、接近威脅 (Near Threatened, NT)、易危 (Vulnerable, VU)、瀕危 (Endangered, EN)、極危 (Critically Endangered, CR)、區域滅絕 (Regionally Extinct, RE)、野外已滅絕 (Extinct in the wild, EW)、滅絕 (Extinct, EX)。評估所需資料包含目標物種的分布範圍、生活史、數量、以及族群變動狀況，此等評估面相幾乎囊括了研究一物種的所有資料；目前 IUCN 所發表的物種評估資料，不論體型大小，或是生活史長短，皆是使用此評估規範。

Yamaguchi (1977) 是第一位提出碑礫貝面臨巨大採捕壓力，需要有保育措施，以減低開發行為對其野外族群影響的學者。IUCN 在 1983 年發表的「The IUCN Invertebrate Red Data Book」中強調，全球各地碑礫貝族群遭受不同程度的人為影響；之後，IUCN 又在 1996 年再次評估碑礫貝的

族群狀態，調查結果除了圓碑礫貝的生存狀態為無危之外，巨碑礫貝以及扇碑礫貝被判定為易危物種，其它物種則判定為低危程度（表 1-1）；隔年(1997)，SSC 再次針對碑礫貝屬的菱碑礫貝、瓷口碑礫貝及碑礫貝屬的巨碑礫貝、扇碑礫貝、魔鬼碑礫、鱗碑礫貝、長碑礫貝、圓碑礫貝、羅氏碑礫（*T. rosewateri*）發表評估報告（Wells et al., 1997）。整體而言，碑礫貝亞科下，體型較大的種類，如巨碑礫貝及扇碑礫貝近年來因過度利用，野外族群數量大幅下降，且部分物種被引入非原分布範圍，或因區域性滅絕，再從別地引進，但這些引進的個體大多未能在野外成功建立族群。

對於已被判定為易危等級的巨碑礫貝，報告中指出僅在澳洲海域及索羅門群島（Solomon Islands）尚有高豐度族群存在，部分地區如帛琉、巴布亞新幾內亞、馬紹爾群島、緬甸、泰國西岸等地的族群是僅存殘餘族群；斐濟、新喀里多尼亞（New Caledonia）以及北馬里亞納群島（Northern Marianas）等地的族群則已滅絕；此外，報告中亦提及日本、臺灣、吐瓦魯、密克羅尼西亞（the Federated States of Micronesia）和萬那杜等地區，已不見巨碑礫貝的分布，雖然菲律賓海域大部分區域已無巨碑礫貝，但在菲律賓南部海域仍可觀察到巨碑礫貝。

野外族群存續狀態同屬易危等級的扇碑礫貝，其分布範圍相對較侷限，主要分布在帛琉、巴布亞新幾內亞、澳洲、所羅門群島、新喀里多尼亞、斐濟以及東加一帶；扇碑礫貝雖被引入多個地區，但僅在密克羅尼西亞的雅浦建立族群。圓碑礫貝與菱碑礫貝的分布從日本至澳洲以及帛琉，其數量仍屬豐富。菱碑礫貝的數量則大幅減少，且在多個地方已有區域性滅絕的現象。長碑礫貝與鱗碑礫貝是碑礫貝亞科中，分布範圍最廣泛的物種，從紅海、非洲東岸至印度太平洋都有，大部分地區之族群量仍屬豐富，但在印度洋的族群狀態因無資料所以處於未知狀態。

3.4.2 臺灣碑礫貝保育等級評估

雖然從 IUCN 於 1997 年發表的評估報告可知碑礫貝亞科下各物種的保育等級，但該評估報告是 25 年前的狀態，此外，碑礫亞科下的物種數也有改變，例如 Su et al., 2014a 的研究發現長碑礫貝內有一隱蔽種，並將此諾亞碑礫貝從長碑礫貝中獨立出，但過往評估是把這兩種混為一談，故重新評估有其必要性。

本計畫除了沿用《IUCN 紅皮書類別及標準》評估臺灣碑礫貝的保育等級，另依據「海洋野生動物評估分類作業要點」（海洋保育署於 2020 年 5 月 27 日公佈）（表 3-5）進行評估。這二種評估方式都是以碑礫貝野生族群狀態的存續性為主要考量依據，但族群狀態存續性評估需納入目標物種之族群密度、族群結構、基礎生物學資料（如生長速率、最小性成熟體長

、生殖策略及季節、體長與生殖貢獻相關性及配子浮游期長短)等資訊方可進行評估，由於臺灣碑磔貝基礎生物學的資料非常欠缺，除了諾亞碑磔貝和長車碑磔貝有生殖季及胚胎發育和稚貝成長研究(Su et al., 2021)，其它物種完全沒有資料，因此本評估無本土資訊時，則以其它地區的生物學資料納入分析，此為權宜作法，在解讀及衍伸本分析結果時必需將此變因納入考慮。

本計畫 12 樣點的調查結果僅記錄到 4 種碑磔貝，長碑磔貝（總計 219 隻）及諾亞碑磔貝（總計 111 隻）的分布最廣密度也最高，其次為鱗碑磔貝（總計 23 隻），圓碑磔貝僅在基鰲有一隻的觀察紀錄，因此長碑磔貝、諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝的保育等級評估將納入現地資料分析，而菱碑磔貝、圓碑磔貝、扇碑磔貝以及巨碑磔貝則引用相關文獻。

長碑磔貝部分，因缺乏本土的生長速度及最小成熟體長，採用菲律賓及玻里尼亞族群的資料加以評估。Suzanne 等人於 2007 年調查菲律賓養殖及野外長碑磔貝，結果顯示雄性個體最小性成熟殼長為 13 公分，雌性生殖腺最小可在殼長 14 公分以上個體觀察到。因此本計畫以 13 公分為長碑磔貝的最小性成熟體長，另採用生長於玻里尼西亞海域的長碑磔貝的生長速率（每年約 0.6–1 公分）（Wynsberge et al., 2013）推估成體年齡。據此，本計畫的 12 個樣點有 7 個無性成熟個體，其餘 5 個樣點性成熟個體比例介於 2–35%（圖 3-63），且多數樣點內的長碑磔貝年齡皆少於 10 歲（圖 3-64）。換言之，長碑磔貝在大多數樣點為缺乏生殖能力的個體，不利於維持族群的穩定性，且有 4 個樣點僅有不到 10 隻個體，因此仍需加強調查量能，以提高評估作業的可信度。

諾亞碑磔貝部分，最小性成熟體長與生長速率取自本土組織切片觀察數據(蘇，2014；Su et al., 2021)，最小性成熟體長為 17 公分。另採用 Su et al. (2021) 在澎湖及林邊養殖的碑磔貝幼體的生長速率（每年約 1.3–2.9 公分）來推估成體年齡。本計畫 12 個樣點中皆有觀察紀錄，其中 5 個樣點無性成熟個體，其餘 7 個樣點性成熟個體介於 5–27%（圖 3-65），有將近一半的樣點諾亞碑磔貝個體不到 10 隻，因此需加強調查量能，以提升評估的可信度。依照文獻中所列之生長速率估算各測站內的諾亞碑磔貝年齡介於 5–35 歲之間，已杉原以及香蕉灣兩處的年齡較低，年齡最大個體（>35 歲以上）則分佈於月鯉灣（圖 3-66）。

鱗碑磔貝部分，缺乏本土基礎生物學資訊，因此採用菲律賓族群的最小性成熟體長 20 公分（Mingoa-Licuanan & Gomez, 2007），及帛琉族群的生長速率（每年約 2–4 公分）（Beckvar, 1981; Klumpp and Griffiths 1994）進行評估。本計畫 12 個樣點僅 7 個有鱗碑磔貝，其中 5 個樣點無性成熟個體，2 個有性成熟個體，性成熟個體比率分別為 25%（後灣）及

50%（後壁湖），但每一樣點記錄到的個體數皆小於 10 隻（圖 3-67），且年齡多在 5 歲以下（圖 3-68）。

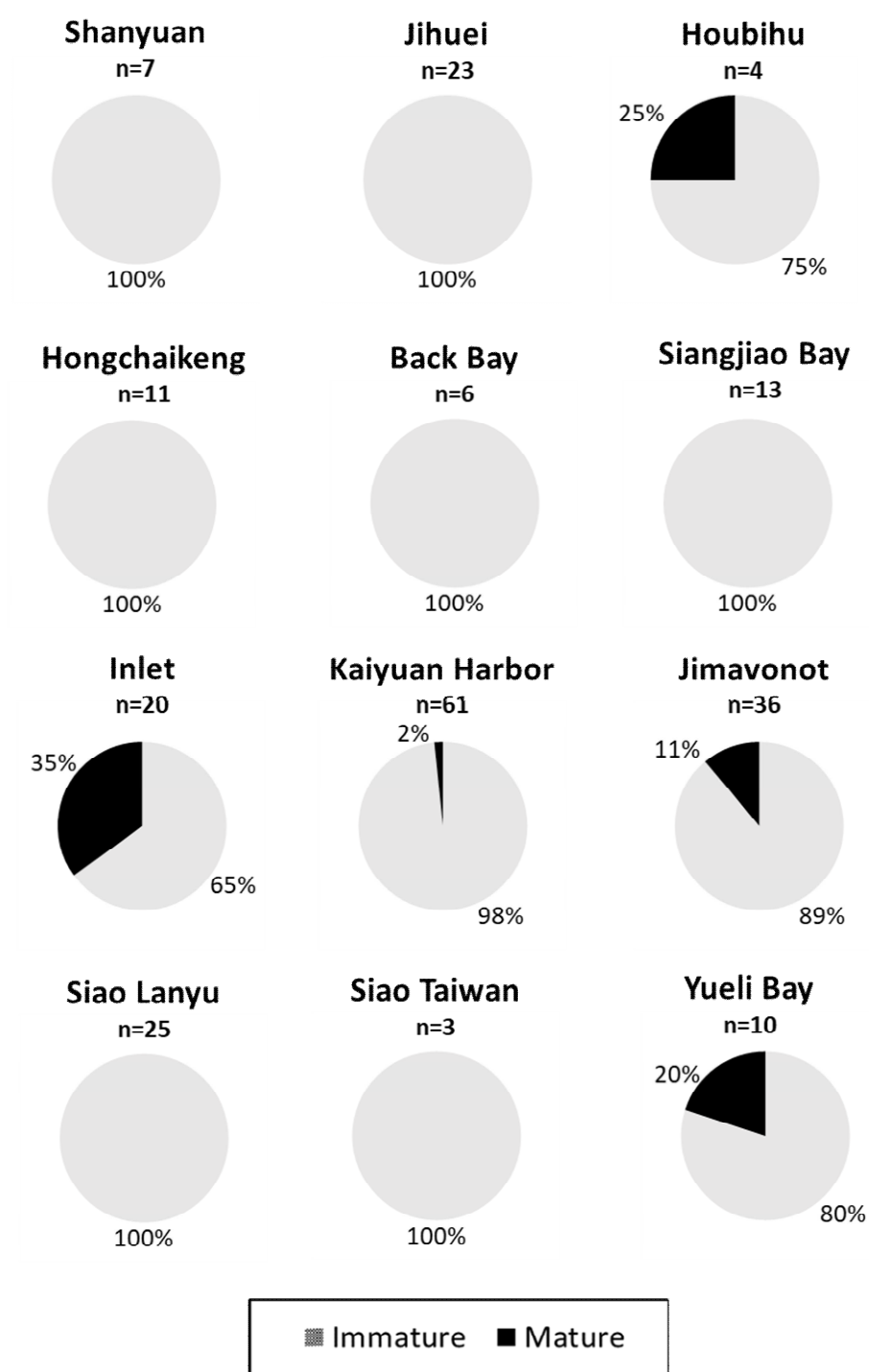


圖 3-63 長碑碟貝於各樣點之成熟個體比率圖。Immature：未成熟；Mature：成熟。Shanyuan：杉原；Jihuei：基羣；Houbihu：後壁湖；Hongchaikeng：紅柴坑；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Siao Lanyu：小蘭嶼；Siao Taiwan：小台灣；Yueli Bay：月鯉灣。

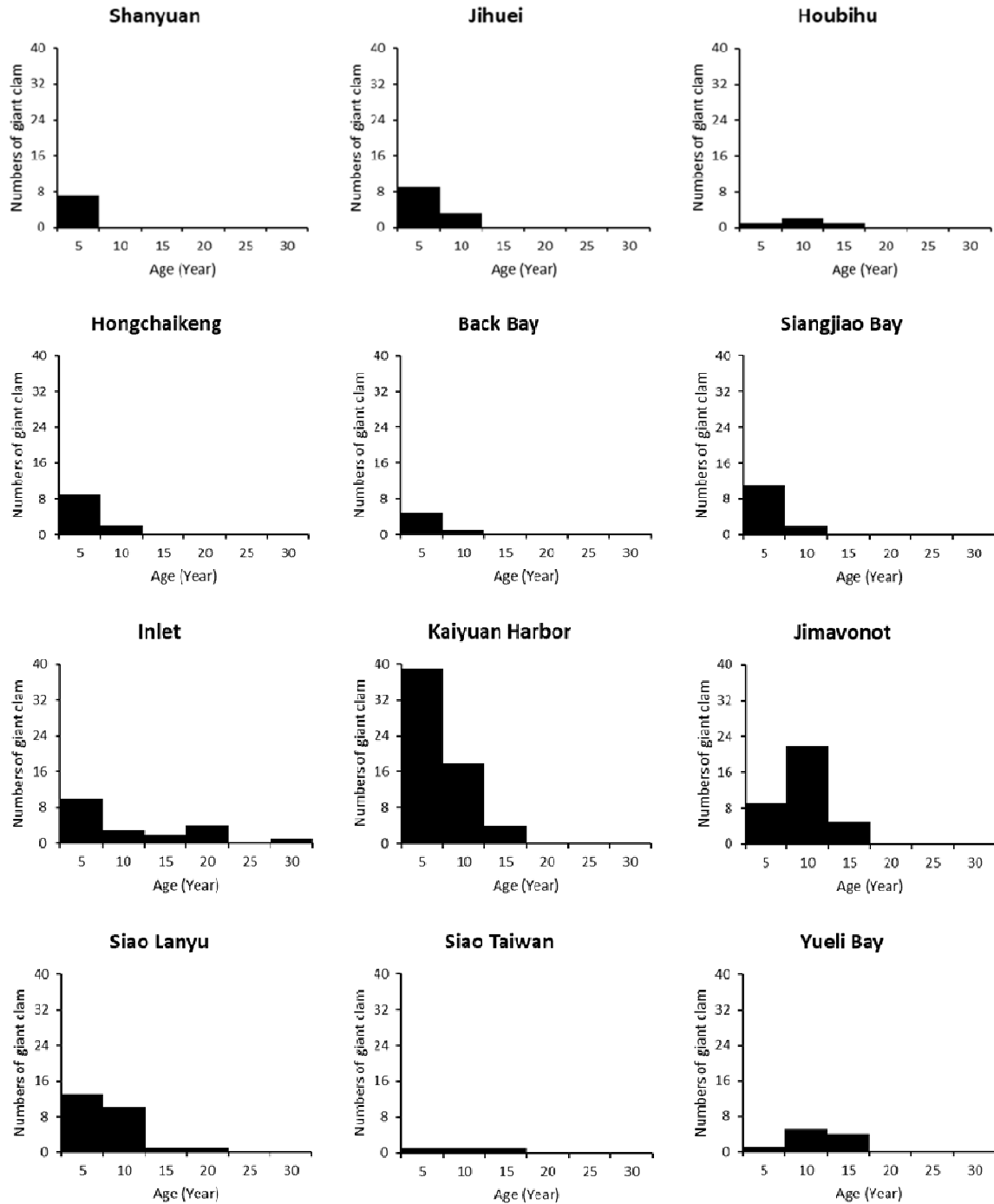


圖 3-64 長碑碟貝於各樣點之年齡分佈圖。X 軸為年齡，Y 軸為數量。Shanyuan：杉原；Jihuei：基翠；Houbiyu：後壁湖；Hongchaikeng：紅柴坑；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Siao Lanyu：小蘭嶼；Siao Taiwan：小台灣；Yueli Bay：月鯉灣。

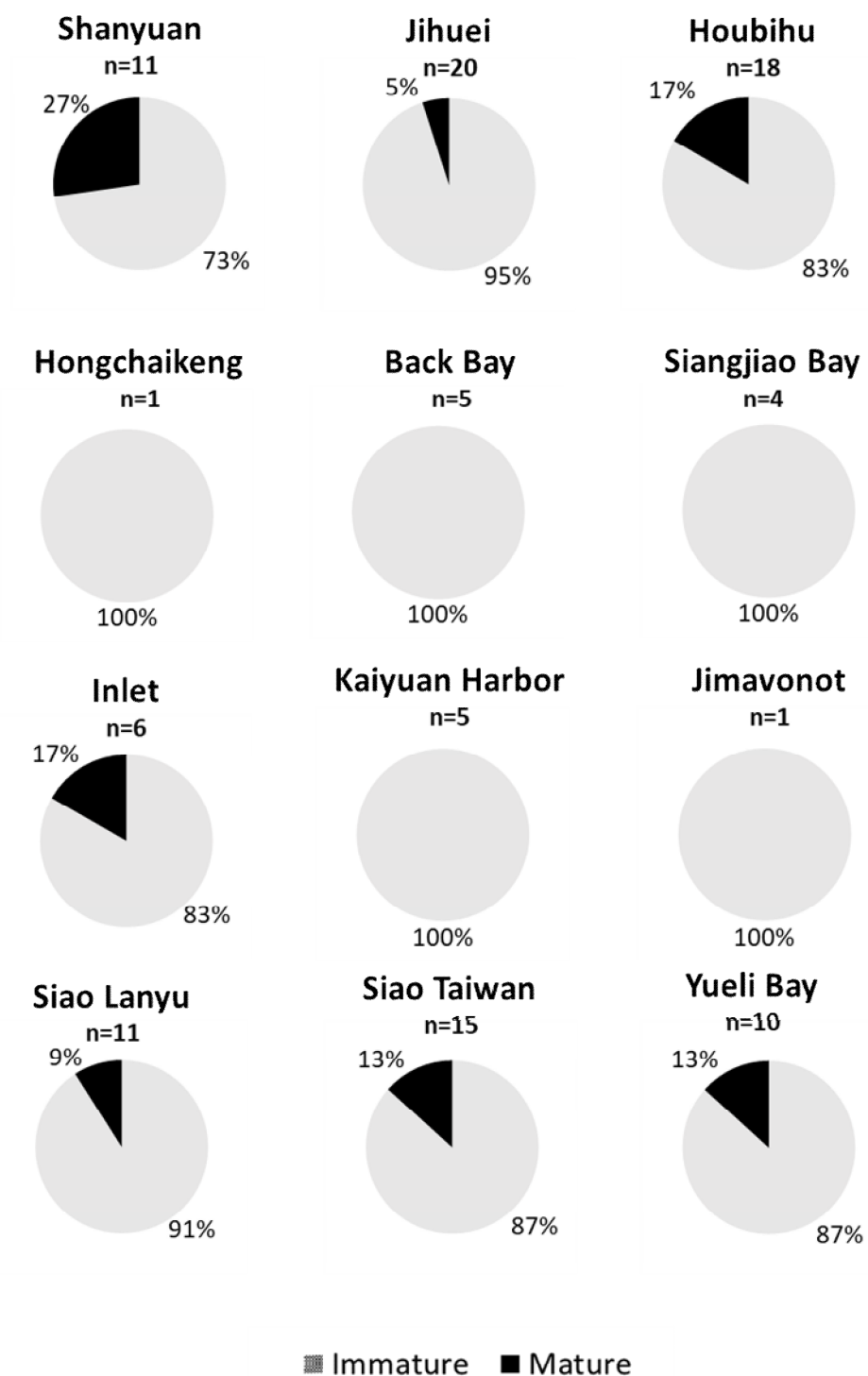


圖 3-65 諾亞碑礫貝於各樣點之成熟個體比率圖。Immature：未成熟；Mature：成熟。
 Shanyuan：杉原；Jihuei：基翬；Houbihu：後壁湖；Hongchaikeng：紅柴坑；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Siao Lanyu：小蘭嶼；Siao Taiwan：小台灣；Yueli Bay：月鯉灣。

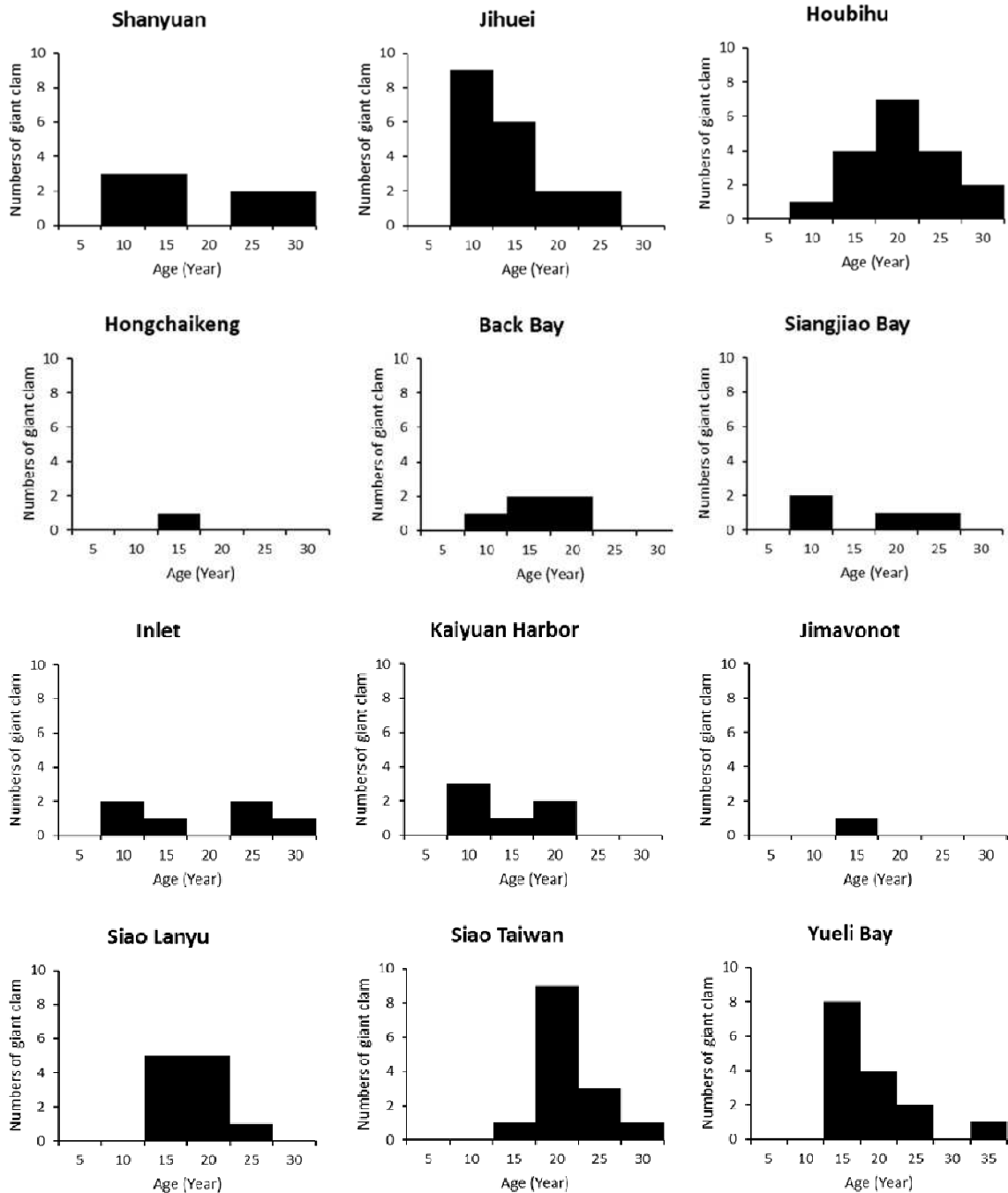


圖 3-66 諾亞碑碟貝於各樣點之年齡分佈圖。X 軸為年齡，Y 軸為數量。Shanyuan：杉原；Jihuei：基羣；Houbihu：後壁湖；Hongchaikeng：紅柴坑；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Siao Lanyu：小蘭嶼；Siao Taiwan：小台灣；Yueli Bay：月鯉灣。

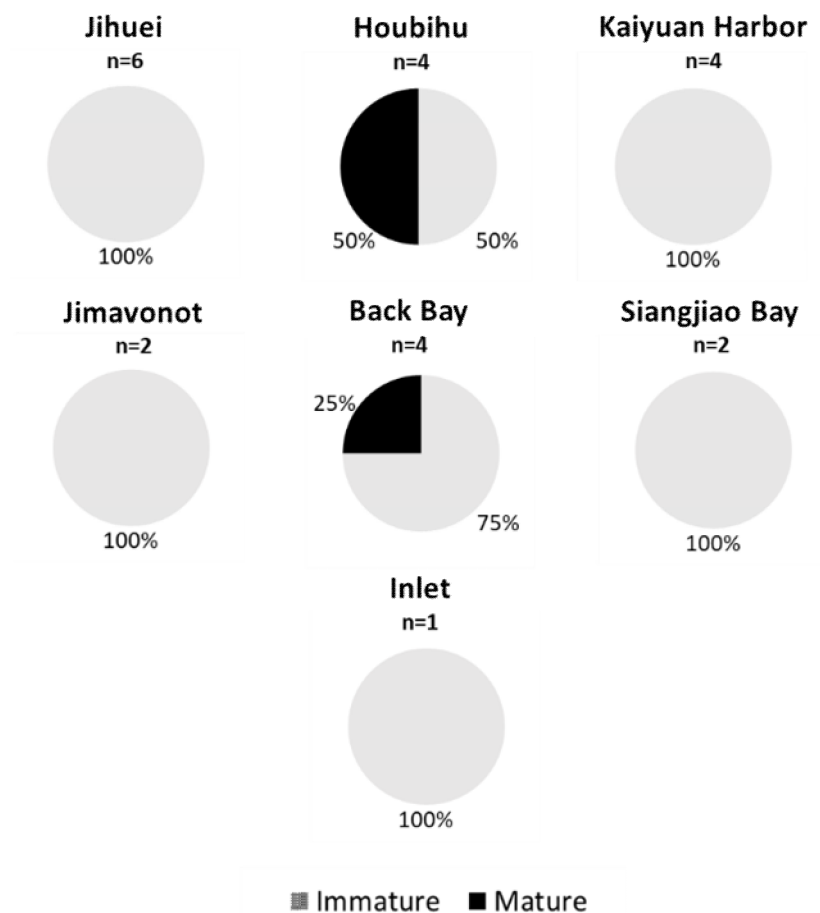


圖 3-67 鱗碑磔貝於各樣點之成熟個體比率圖。Immature：未成熟；Mature：成熟。
 Jihuei：基輦；Houbihu：後壁湖；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口。

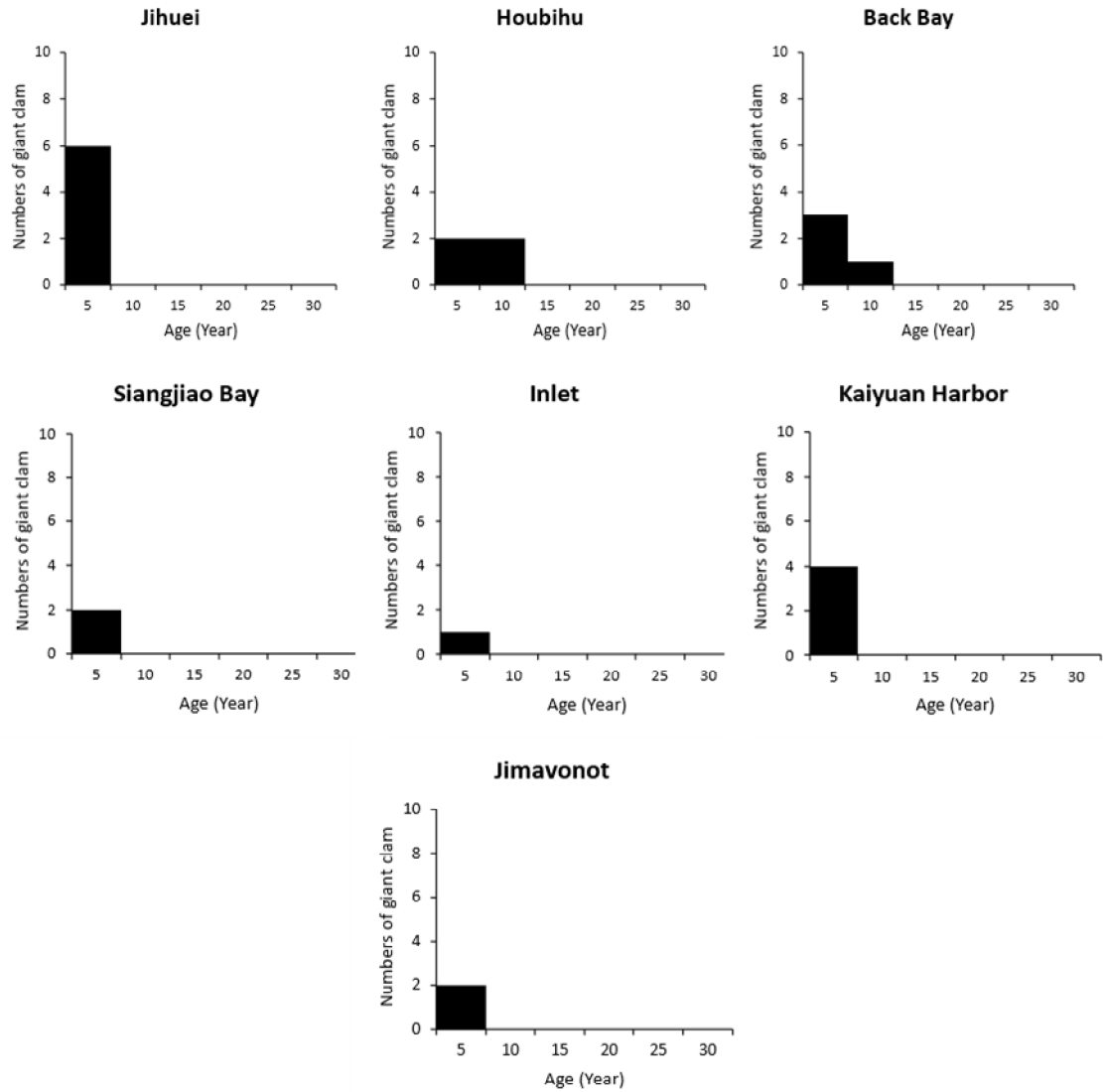


圖 3-68 鱗碑磔貝於各樣點之年齡分佈圖。X 軸為年齡，Y 軸為數量。Jihuei：基輦；Houbihu：後壁湖；Kaiyuan Harbor：開元港；Jimavonot：玉女岩；Back Bay：後灣；Siangjiao Bay：香蕉灣；Inlet：入水口。

表 3-5 海洋野生動物評估分類作業要點一覽表。引自海洋保育署“海洋野生動物評估分類作業要點”。

	分級	計分	描述性基準	量化基準
野生族群之分布趨勢	第一級	一	非常普遍	已有觀察、推論或預測顯示其族群我國周邊海域皆有分布
	第二級	二	普遍	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 4 個海域
	第三級	三	不普遍	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 3 個海域
	第四級	四	零星分布	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 2 個海域
	第五級	五	侷限分布	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 1 個海域範圍，或僅剩單一 族群或其分布分散，族群之間有隔離之現象
野生族群之變動趨勢 - （一）野生族群趨勢	第一級	一	快速上升中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）的上升速率超過百分之二十者
	第二級	二	上升中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）有上升，其上升速率低於百分之二十者
	第三級	三	數量穩定	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間

	分級	計分	描述性基準	量化基準
				(取時 間較長者為準) 沒有明顯的變化
野生族群之變動趨勢 - (二) 野生族群年齡結構	第四級	四	下降中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間 (取時 間較長者為準) 有減少，其減少速率低於百分之二十者或有 非規律性振盪但振幅小於百分之三十者
	第五級	五	快速下降中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間 (取時 間較長者為準) 的減少速率超過百分之二十者或有非規律性大幅振盪且振幅大於百分之三十者
	第一級	一	幼年或成年 個體非常多	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之 三十以上者
	第二級	二	幼年或成年 個體多	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之 十五以上而未達百分之三十
	第三級	三	幼年或成年 個體少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之 十以上而未達百分之十五
	第四級	四	幼年或成年 個體稀少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之 五以上而未達百分之十
	第五級	五	幼年或成年 個體非常稀 少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群未達百 分之五

	分級	計分	描述性基準	量化基準
特有性	第一級	一	全球皆有分布	
	第二級	二	只分布在印度洋及太平洋	
	第三級	三	只分布在西北太平洋	
	第四級	四	為臺灣地區特有亞種	
	第五級	五	為臺灣地區特有種	
面臨威脅 - (一) 棲地面積縮小速率	第一級	一	幾無棲地面積縮小趨勢	
	第二級	二	棲地面積縮小趨勢輕微	
	第三級	三	棲地面積縮小趨勢嚴重	
	第四級	四	棲地面積縮小趨勢非常嚴重	
	第五級	五	棲地面積縮小趨勢極度嚴重	
面臨威脅 - (二) 被獵捕、誤捕及利用之壓力	第一級	一	幾無獵捕、誤捕及利用之壓力	
	第二級	二	被獵捕、誤捕及利用之壓力可能對其生存產生輕度影響或影響尚屬未知	

	分級	計分	描述性基準	量化基準
	第三級	三	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生中等程度影響	
	第四級	四	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生高度影響	
	第五級	五	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生嚴重影響	
<hr/>				
面臨威脅 - (三) 其他			該物種正遭受重大威脅(如：傳染病、族群遺傳基因有弱化情形等)，對族群量將造成重大影響，每具有一種，計分一分。	
<hr/>				
國際保育現況 - (一) 世界自然保護聯盟 (IUCN)		一	列為近危(NT)、易危(VU)、瀕危(EN)等級	
		二	列為極危(CR)、野外滅絕(EW)、滅絕(EX)等級	
<hr/>				
國際保育現況 - (二) 瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約 (CITES)		一	列為附錄二等級	
		二	列為附錄一等級	

3.4.2.1 依《IUCN 紅皮書類別及標準》評估臺灣碑磔貝保育等級

依據《IUCN 紅皮書類別及標準》（表 3-6）之 5 項評估標準，對臺灣 7 種碑磔貝進行保育等級評估，結果摘要於表 1-1 中，各物種詳細評估結果則如下所述：

菱碑磔貝於東沙的觀察紀錄為本種在臺灣最近期的觀察紀錄(Neo et al., 2018)，據此判定本種符合 IUCN 指標種類(A)快速族群下降之 CR: A2a（極危等級）（透過直接觀察得知物種減少已經發生，但造成減少的原因不明）（表 1-1）。此外，菱碑磔貝族群現況也符合 IUCN 指標種類(D)非常小的族群之 CR: D1（極危等級）（成熟個體數量應小於 50 隻），因近期東沙的觀察紀錄為調查 3,630 平方公尺僅 1 隻個體。

扇碑磔貝與巨碑磔除在邵（2008）年曾被提及，代表臺灣周遭海域曾有這兩種碑磔貝分佈外，已多年未有觀察紀錄，因此判定其符合 IUCN 指標種類(D)非常小的族群之 CR: D1（極危等級）。

圓碑磔貝部分，本 2021 年的 12 個樣點僅有一次觀察紀錄，且體型小於文獻記載的最小性成熟體長（5 公分），殼長僅 2 公分可能為稚貝。此外，Yang et al., (2015) 提及圓碑磔貝於綠島的密度約為每一百平方公尺 0.2 隻，平均殼長 6.9 公分。楊等人於 2018 年再次於綠島的調查紀錄提及有少量的圓碑磔貝，但未提及殼長與密度。據此推估圓碑磔貝族群雖小，但數量可能尚屬穩定，因此判定圓碑磔貝的保育等級為無危（least concern）。

本 2021 年的調查顯示長碑磔貝、諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝的族群量皆高於前述之四種碑磔貝。Yang et al., (2015)及楊等（2018）的研究結果也指出綠島的碑磔貝以這三種為主，族群密度介一百平方公尺 0.8 至 5.2 隻，因此這三種的族群量仍屬穩定，因此判定長碑磔貝、諾亞碑磔貝以及鱗碑磔貝的保育等級為無危（least concern）。

表 3-6 國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標一覽表。

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
A. 快速族群下降	CR (極危) :	1. 根據 (且特別由於) 右項任何一種方式觀察、估計、推斷或者猜測得知物種減少已經發生，而造成減少的原因明顯是可逆、已知並且已經停止。	a. 直接觀察	A1a
	10 年或 3 代內 > 90%		b. 衡量物種豐富度指標	A1b
	EN (瀕危) :		c. 佔有面積、居留區的縮小和/或棲息環境質量下降	A1c
	10 年或 3 代內 > 70%		d. 被人實際或者潛在利用	A1d
	VU (易危) :		e. 受引進種、雜交種、疾病污染、競爭者或寄生者影響	A1e
	10 年或 3 代內 > 50%	2. 根據 (且特別由於) 右項任何一種方式觀察、估計、推斷或者猜測得知物種減少已經發生，而造成減少的原因仍未停止、不明或不可逆。	同 A1a-e	A2a
	CR (極危) :			A2b
	10 年或 3 代內 > 80%			A2c
	EN (瀕危) :			A2d
	10 年或 3 代內 > 50%			A2e
	VU (易危) :	3. 根據 (且特別由於) 右項任何一種方式觀察、估計、推斷或懷疑物種未來近期內會下降。	同 A1a-e	A3a
	10 年或 3 代內 > 20%			A3b
				A3c
				A3d
				A3e

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
		4. 根據（且特別由於）右項任何一種方式觀察、估計、推斷或懷疑物種從過去到未來任何一段期間會下降。	同 A1a-e	A4a A4b A4c A4d A4e
B. 族群分布侷限、碎裂化、下降或嚴重波動	1. 物種現存範圍估計 CR（極危）： < 100 km ² EN（瀕危）： < 5000 km ² VU（易危）： < 20000 km ²	a. 嚴重片斷化或只有： CR（極危）：1 個居留區 EN（瀕危）：≤ 5 個居留區 VU（易危）：≤ 10 個居留區		B1a
		b. 持續減少或下降 （經過右項 i-v 所列舉的任一方式觀察、估計、推論或懷疑而得）	i. 分布範圍 ii. 佔有面積 iii. 棲地面積、範圍或品質 iv. 居留區或次族群數目 v. 成熟個體數量	B1b(i) B1b(ii) B1b(iii) B1b(iv) B1b(v)

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
		c. 右項 i-v 任何一種情況的劇烈變動	同 B1b(i-v)	B1c(i) B1c(ii) B1c(iii) B1c(iv) B1c(v)
	2. 物種佔有面積估計	a. 同 B1 之 a		B2a
	CR (極危) :	b. 同 B1 之 b	同 B1b(i-v)	
	< 10 km ²	c. 同 B1 之 c	同 B1b(i-v)	B2b
	EN (瀕危) :			B2c
	< 500 km ²			
	VU (易危) :			
	< 2000 km ²			
C. 小族群且持續下降	成熟個體數量少並符合右項 1 或 2 :	1. CR (極危) :		C1
	CR (極危) :	3 年內或 1 代下降 > 25%		
	< 250	EN (瀕危) :		
	EN (瀕危) :	5 年內或 2 代下降 > 20%		
	< 2500	VU (易危) :		
	VU (易危) :	10 年內或 3 代下降 > 15%		
	< 10000			

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
		2. 由右項 a 或 b 觀察、估計、推論成熟個體數和種群結構處於任何速率的持續下降狀態。	a. 族群呈現 i. 嚴重片斷化、所有次族群成熟個體數量： CR（極危） ≤ 50 EN（瀕危） ≤ 250 VU（易危） ≤ 1000 ii. 成熟個體在單一族群 CR（極危） $\leq 90\%$ EN（瀕危） $\leq 95\%$ VU（易危） $\leq 100\%$ b. 成熟個體數量劇烈變動	C2a(i)
				C2a(ii)
				C2b
D1	成熟個體數量：			D1
非常小的族群	CR（極危） ≤ 50			
	EN（瀕危） ≤ 250			
	VU（易危） ≤ 1000			

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
D2	種群佔有面積			D2
分布受限制	CR (極危) $\leq 20 \text{ km}^2$			
E	滅絕的可能性：			E
量化分析	CR (極危)：			
	10 年或 3 代內 $> 50\%$			
	EN (瀕危)：			
	10 年或 3 代內 $> 20\%$			
	VU (易危)：			
	10 年或 3 代內 $> 10\%$			

註：引自台灣物種名錄：國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標 - 表解物種受脅評估指標。

3.4.2.2 依「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級

依海洋保育署之「海洋野生動物評估分類作業要點」，對臺灣 7 種碑磔貝進行保育等級評估，本要點的評估標準包含：野生族群之變動趨勢、特有性、面臨威脅、國際保育現況等項目（表 3-5），每個評估標準最高為 5 分，最低分為 1 分，每個物種的保育狀態以總分判定，作業要點中建議總分高於 24 分以上，或評估項目中有四項以上分數為四分，或兩項（不含特有性）為五分，表示此物種生存已呈現危急狀態，則建議應列入保育類野生動物名錄。

臺灣周邊海域的 7 種碑磔貝評估結果如表 3-7，結果顯示菱碑磔貝、扇碑磔貝及巨碑磔貝的總分高於 24 分，建議將這三種碑磔貝列入保育類野生動物名錄中；圓碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝總分界於 18–21 分，其中以圓碑磔貝的分數最高。

整體而言，臺灣曾有 7 種碑磔貝紀錄，分別為菱碑磔貝、圓碑磔貝、扇碑磔貝、巨碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝、鱗碑磔貝（Su et al., 2014a；邵等，2008；蘇、劉，2015），本計畫統整近三年文獻，5 種有觀察記錄，無扇碑磔貝與巨碑磔貝，本計畫 12 樣點調查觀察到 4 種，分別為圓碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝、鱗碑磔貝。依《IUCN 紅皮書類別及標準》或「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級，二者之結果相近，由於本評估欠缺本土碑磔貝基礎生物學資訊，除了諾亞碑磔貝和長車磔貝有生殖季及胚胎發育和稚貝成長研究（Su et al., 2021），其它物種完全沒有資料，評估之準確性有待驗證，在解讀及衍伸與引用本分析結果時必需有所保留。雖然如此，本計畫調查的碑磔貝普遍有成體比例偏低的情形，且其密度亦低，此外，調查過程中在基鰲測站也目擊民眾潛水採集碑磔貝，顯示碑磔貝仍有採捕壓力，加上近年極端氣候發生的頻率與強度也增加，海洋酸化等因素也會影響碑磔貝生長，因此擬定碑磔貝保育措施仍有其必要性。

3.5 臺灣碑磔貝保育計畫

碑磔貝保育計畫各章節如下所示，各章節內容詳如附錄 5

- 壹、前言
- 貳、碑磔貝物種概述
- 參、碑磔貝保育之問題分析
- 肆、碑磔貝保育行動方案

表 3-7 碑礫貝依『海洋野生動物評估分類作業要點』評估保育等級一覽表。

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
野生族群之分布趨勢	計分：五 東沙環礁（1994, 2005, 2006, 2008, 2016 年）與太平島（1994 年）兩地早年有觀察記錄。 2016 年東沙調查 3630 平方公尺有一隻的觀察記錄。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：五 依臺灣物種名錄，巫文隆(1980)，之後的野外調查皆無觀察紀錄。	計分：五 依臺灣物種名錄，林朝榮(1974)，之後的野外調查皆無觀察紀錄。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。
野生族群之變動趨勢 - (一) 野生族群趨勢	計分：五 自 2016 年後無觀察記錄，因此推	計分：四 無過去族群資料。 本（2021	計分：五 無文獻及無觀察記錄。 本（2021	計分：五 無文獻及無觀察記錄。 本（2021	計分：四 無過去族群資料。	計分：四 無過去族群資料。 本（2021	計分：四 無過去族群資料。 本（2021

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
	估其族群量快速下降中。	年)調查,僅在基鰲淺水測站有觀察到一隻,其他測站皆無記錄到,族群密度低,不利於維持族群穩定性。因此預估其族群量為下降中。	年)調查未見任何個體,因此預估其族群量為快速下降中。	年)調查完全未見相關族群,因此預估其族群量為快速下降中。	本(2021年)調查顯示所有測站皆以未性成熟個體為主(>50%),其中58.3%的測站未記錄到成熟個體,因此預估其族群量為快速下降中。	年)調查顯示所有的測站中以未性成熟個體為主(>50%),其中36.4%的測站未記錄到成熟個體,因此預估其族群量為快速下降中。	年)調查顯示85.7%的測站中以未性成熟個體為主(>50%),其中71.4%的測站未記錄到成熟個體,因此預估其族群量為快速下降中。
野生族群之變動趨勢 - (二)野生族群年齡結構	計分：五 2016年後無相關記錄,因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分：五 本(2021年)調查僅觀察到一隻個體,其體長小於最小性成熟體長5公分 ¹ ,因此判斷其為「幼年或成	計分為：五 無觀察紀錄,因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分為：五 無觀察紀錄,因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分：四 本(2021年)調查12個測站,僅8%的個體達性成熟體長(13公分 ¹)。	計分：三 本(2021年)11個測站有觀察記錄,僅12%的個體達性成熟體長(17公分 ²)。	計分：三 本(2021年)在7個測站有觀察記錄,僅13%的個體達性成熟體長(19公分 ¹)。

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
	年個體非常稀少」。						
特有性	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二
	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。	分布於印度洋及太平洋。
面臨威脅 - (一) 棲地面積縮小速率	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二	計分：二
	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。	近年臺灣周邊海域珊瑚覆盖率呈現下降趨勢，判斷為棲地面積縮小趨勢輕微。
面臨威脅 - (二) 被獵捕、誤捕及利用之壓力	計分：三	計分：三	計分：三	計分：三	計分：三	計分：三	計分：三
	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資	定棲性或少移動，缺乏相關漁業資

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。	料，不易評估採捕壓力。
面臨威脅 - (三) 其他	計分：一 體外受精物種，低族群密度，生殖成功率降低，族群數量可能降低。	計分：一 體外受精物種，低族群密度，生殖成功率降低，族群數量可能降低。	計分：一 體外受精物種，低族群密度，生殖成功率降低，族群數量可能降低。	計分：一 體外受精物種，低族群密度，生殖成功率降低，族群數量可能降低。	無	無	無
國際保育現況 - (一) 世界自然保護聯盟 (IUCN)	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Least Concern	計分：一 IUCN 判斷為易危 (VU)	計分：一 IUCN 判斷為易危 (VU)	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Conservation Dependent	計分：零 IUCN 無判斷資料	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Conservation Dependent
國際保育現況 - (二) 瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II

評估條件 (CITES)	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
總分 ³	二十四	二十一	二十五	二十五	十九	十八	十八
備註	建議列入保育類野生動物名錄。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	建議列入保育類野生動物名錄。	建議列入保育類野生動物名錄。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。

¹性成熟體長根據 Mingoa-Licuanan & Gomez (2007) 在菲律賓人工養殖孵育場所使用的體長，與臺灣之成長情形可能有所差異。

²性成熟體長依據蘇，2014；Su et al., 2021 採集卵細胞所使用的體長。

³當評估項目中有四項以上分數為四分，或兩項（不含特有性）為五分，或總分超過二十四分以上時，表示此物種生存已呈現危急狀態，則建議應列入保育類野生動物名錄。

結論與建議

結論

1. 歷年碑磔貝分布資料大多未敘明是何物種，類群密度為每一百平方公尺 0 - 11.2 隻。因缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢不易得知。
2. 歷年大法螺 974 次調查中出現率為 2.1%，密度為每一百平方公尺 0 - 2 隻，因缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢不易得知。
3. 歷年馬蹄鐘螺 352 次調查中出現率為 8.5%，調查密度為每一百平方公尺 0 - 3 隻，因缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢不易得知。
4. 歷年銀塔鐘螺 387 次調查中出現率為 20.7%，調查密度為每一百平方公尺 0 - 3 隻，因缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢不易得知。
5. 本計畫調查 12 樣點，觀察到 4 種碑磔貝，分別為圓碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝、鱗碑磔貝。普遍有成體比例偏低，密度亦低的情形。
6. 本計畫調查 12 樣點，未發現馬蹄鐘螺，有觀察到大法螺 2 隻及銀塔鐘螺 11 隻，日間調查可能低估這三種螺類的族群數量，引用必需有所保留。
7. 依《IUCN 紅皮書類別及標準》或「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級，菱碑磔貝、扇碑磔貝、巨碑磔貝為 IUCN 極危(CR)等級或需列入保育類野生動物狀態。由於本評估除了諾亞碑磔貝和長車磔貝有生殖季及胚胎發育和稚貝成長資料，其它物種均欠缺本土基礎生物學資訊，評估之準確性有待驗證，引用必需有所保留。
8. 調查過程中亦目擊民眾潛水採集碑磔貝，顯示採捕壓力仍是影響因子。

建議

1. 為挽救日漸低下的碑磔貝資源，需及早進行碑磔貝各物種之分布、基礎生物學及族群現況調查，以利後續保育等級評估、管理政策之擬定及推動。

2. 面對族群量極低的大法螺資源，需及早進行大法螺之分布、基礎生物學及族群現況調查，以利後續保育等級評估、管理政策之擬定及推動。
3. 本計畫 12 樣點之調查均未發現馬蹄鐘螺，日間調查夜行性物種可能有誤差存在，未來應加強本種之分布、基礎生物學及族群現況調查，以利後續管理政策之擬定及推動。
4. 相對於馬蹄鐘螺，銀塔鐘螺之族群量較大，但未來仍需加強本種之分布、基礎生物學及族群現況調查，以利後續管理政策之擬定及推動。
5. 本計畫調查的碑礫貝普遍有成體比例偏低、密度低，還有採捕壓力等情形，加上棲地破壞、人為活動干擾如觀光、潛水、營養鹽輸入、有機物汙染、微量金屬汙染、沉積物覆蓋、氣候暖化引發碑礫貝白化，海洋酸化影響碑礫貝造殼及成長對碑礫貝的生存都有威脅，因此擬定相關之管理及保育措施有其急迫性。

參考文獻

- 林金榮、陳東本、蔡萬生 2001 銀塔鐘螺繁殖技術。水產研究, 109。
- 鄭明修 2002 海洋生物多樣性：消失中的珊瑚礁貝類。科學發展, 360：26-29。
- 林金榮、陳東本、黃丁士、蔡萬生 2003 銀塔鐘螺的誘發產卵及胚胎發育。水產研究, 12:49-60。
- 張國亮 2006 澎湖海域碑礫貝人工繁養殖及發展生態旅遊之運用（一）。澎湖縣水產種苗繁殖場。
- 洗宜樂、林金榮、黃文卿、蔡萬生 2007 銀塔鐘螺幼螺放流效益評估初探。水試專訊, 17:10-13。
- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲 2008 台灣物種多樣性 II.物種名錄，行政院農業委員會林務局出版，796 頁。
- 林翌涵、謝恆毅、蔡萬生 2010 棘冠海星的剋星?!—漫談大法螺。行政院農委會水產試驗所電子報, Vol. 54。
- 陳慧如 2013 東沙島海洋生物培育系統規劃（二）。海洋國家公園管理處保育研究課。
- 歐俊龍、許秀媛、謝恆毅、林金榮 2014 大法螺之生殖行為及幼生孵化紀錄。行政院農委會水產試驗所電子報, Vol. 93。
- 蘇柏維 2014 諾亞碑礫貝與長碑礫貝生殖生物學之比較研究。中山大學海科系碩士論文。
- 楊清閔、陳羿惠、陳岳川、賴繼昌、黃星翰、吳龍靜 2015 臺灣綠島碑礫貝分佈與密度之初探。臺灣水產學會刊, 42：145-155。
- 蘇焉、劉莉蓮 2015 臺灣碑礫貝物種多樣性 - 兼論現生種有幾種? 自然保育季刊, 89：28-33。
- 戴仁祥、楊一男、周麗梅、葉信利 2017 山羊海菊蛤 (*Spondylus barbatus barbatus* Reeve, 1856) 之繁殖與胚胎發育。臺灣水產學會學術論文發表會論文摘要集，基隆。
- 楊清閔、陳高松、陳岳川、黃星翰、黃建智、吳龍靜 2018 臺灣綠島沿岸碑礫貝的分布密度特徵。水產研究, 26：43-51。
- 洪聖雯 2020 澎湖馬公珊瑚礁體檢成果報告。台灣環境資訊協會。
- 郭庭君 2020 109 年度華盛頓公約附錄海洋物種資料調查計畫。海洋委員會海洋保育署計劃成果報告書。317 頁。
- Alcala, A. C., 1986. Distribution and abundance of giant clams (Family Tridacnidae) in the south-central Philippines. *Silliman Journal*, 33: 1-9.
- Andrefouet, S., A. Gilbert, L. Yan, G. Remoissenet, C. Payri & Y. Chancerelle, 2005. The remarkable population size of the endangered clam *Tridacna maxima* assessed in Fangatau Atoll (eastern Tuamotu, French Polynesia) using in situ and remote sensing data. *ICES Journal of Marine Science* 62: 1037-1048.

- Andrefouet, S., Van Wynsberge, S., Fauvelot, C., Bruckner, A.W. & Remoissenet, G. 2014. Significance of new records of *Tridacna squamosa* Lamarck, 1819, in the Tuamotu and Gambier Archipelagos (French Polynesia). *Molluscan Research* 34: 277–284.
- Beckvar, N. 1981. Cultivation, spawning, and growth of the giant clams *Tridacna gigas*, *T. derasa*, and *T. squamosa* in Palau, Caroline Islands. *Aquaculture*. 24: 21-30.
- Borsa, P., Fauvelot, C., Tiavouane, J., Grulois, D., Wabnitz, C., Abdon Naguit, M.R. & Andrefouet, S. 2015. Distribution of Noah's giant clam, *Tridacna noae*. *Marine Biodiversity* 45: 339–344.
- Braley, R. D., 1989. *A giant clam stock survey and preliminary investigation of pearl oyster resources in the Tokelau Islands*. Department of Agriculture and Fisheries, Tokelau Affairs Office and the FAO South Pacific Aquaculture Development Project. 52 pp.
- Braley, R.D. & Muir, F. 1995. The case history of a large natural cohort of the giant clam *Tridacna gigas* (Fam. Tridacnidae) and the implications for restocking depauperate reefs with maricultured giant clams. *Asian Fisheries Science* 8: 229–237.
- Braley, R.D. 1984. Reproduction in the giant clams *Tridacna gigas* and *T. derasa* in situ on the North-Central Great Barrier Reef, Australia, and Papua New Guinea. *Coral Reefs* 3: 221–227.
- Braley, R.D. 1986. *Reproduction and recruitment of giant clams and some aspects of their larval and juvenile biology*. PhD Thesis, University of New South Wales, Australia.
- Braley, R.D. 1987a. Distribution and abundance of the giant clams *Tridacna gigas* and *T. derasa* on the Great Barrier Reef. *Micronesica* 20: 215–223.
- Braley, R.D. 1987b. Spatial distribution and population parameters of *Tridacna gigas* and *T. derasa*. *Micronesica* 20: 225–246.
- Braley, R.D. 1988. Recruitment of the giant clams *Tridacna gigas* and *T. derasa* at four sites on the Great Barrier Reef. In *Giant Clams in Asia and the Pacific*, J.W. Copland & J.S. Lucas (eds). ACIAR Monograph No. 9. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 73–77.
- Bridge, T. C. L., Hughes, T. P., Guinotte, J. M., and Bongaerts, P. 2013. Call to protect all coral reefs, *Nat Clim Change*, 3, 528–530.
- Cabaitan, P. C., Gomez, E. D., and Aliño, P. M. 2008. Effects of coral transplantation and giant clam restocking on the structure of fish communities on degraded patch reefs, *J Exp Mar Biol Ecol*, 357: 85–98.
- Chambers, C. N. L., 2007. Pasua (*Tridacna maxima*) size and abundance in Tongareva Lagoon, Cook Islands. *SPC Trochus Information Bulletin*, 13: 7–12.
- Chantrapornsyl, S., K. Kittiwattanawong & K. Adulyanukosol, 1996. Distribution and abundance of giant clam around Lee-Pae Island, the Andaman Sea, Thailand. *Phuket Marine Biological Center Special Publication*, 16: 195–200. for International Agricultural Research. Monograph No. 9: 34–43.
- Dalzell, P., Adams, T. J. H. 1997. Sustainability and management of reef fisheries in the Pacific Islands. *Proceedings of the Eight International Coral Reef Symposium* 2: 2027-20320.
- Gilbert, A., G. Remoissenet, L. Yan & S. Andrefout. 2006. The giant clam *Tridacna maxima* communities of three French Polynesia islands: comparison of their population sizes and

- structures at early stages of their exploitation. ICES Journal of Marine Science 63: 1573–1589.
- Gilbert, A., Planes, S., Andrefouet, S., Friedman, K. & Remoissenet, G. 2007. First observation of the giant clam *Tridacna squamosa* in French Polynesia: a species range extension. Coral Reefs 26: 229.
- Gomez, E.D. 2015. Rehabilitation of biological resources: coral reefs and giant clam populations need to be enhanced for a sustainable marginal sea in the western Pacific. Journal of International Wildlife Law and Policy 18: 120–127.
- Gössling, S., Kunkel, T., Schumacher, K., & Zilger, M. 2004. Use of molluscs, fish, and other marine taxa by tourism in Zanzibar, Tanzania. Biodiversity & Conservation, 13(14): 2623–2639.
- Green, A., & P. Craig, 1999. Population size and structure of giant clams at Rose Atoll, an important refuge in the Samoan archipelago. Coral Reefs: 18: 205–211.
- Guest, J. R., P. A. Todd, E. Goh, B. S. Sivalonganathan & K. P. Reddy, 2007. Can giant clam (*Tridacna squamosa*) populations be restored on Singapore's heavily impacted coral reefs? Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 18(5): 570–579.
- Hamner, W.M. & Jones, M.S. 1976. Distribution, burrowing, and growth rates of the clam *Tridacna crocea* on interior reef flats. Oecologia 24, 207–227.
- Hamner, W.M. 1978. Intraspecific competition in *Tridacna crocea*, a burrowing bivalve. Oecologia 34, 267–281.
- Hardy, J. T. & S. A. Hardy, 1969. Ecology of *Tridacna* in Palau. Pacific Science, 23: 467–472.
- Hart, A.M., Bell, J.D. & Foyle, T.P. 1998. Growth and survival of the giant clams, *Tridacna derasa*, *T. maxima* and *T. crocea*, at village farms in the Solomon Islands. Aquaculture 165: 203–220.
- Harzhauser, M., Mandic, O., Piller, W. E., Reuter, M., and Kroh, . 2008. Tracing back the origin of the indo-pacific mollusc fauna: basal tridacninae from the oligocene and miocene of the sultanate of Oman, Palaeontology, 51: 199–213.
- Hawkins, A.J.S, Klumpp, D.W. 1995. Nutrition of the giant clam *Tridacna gigas* (L.). II. Relative contributions of filter-feeding and the ammonium-nitrogen acquired and recycled by symbiotic alga towards total nitrogen requirements for tissue growth and metabolism. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 190: 263–290.
- Hodgson, G., & Liebler, J. 2002. The global coral reef crisis: trends and solutions.
- Hodgson, G., Hill, J., Kiene, W., Maun, L., Mihaly, J., Liebler, J., Shuman, C. and Torres, R. 2006. Reef Check Instruction Manual: A Guide to Reef Check Coral Reef Monitoring. Reef Check Foundation, Pacific Palisades, California, USA, 95.
- Hopkins, A. 2009. Marine invertebrates as indicators of reef health - A study of the reefs in the region of Andavadoaka, southwest Madagascar. Imperial College London, Thesis, 88.
- Huelsken, T., Keyse, J., Liggins, L., Penny, S., Treml, E.A., Riginos, C.. 2013. A novel widespread cryptic species and phylogeographic patterns within several giant clam species (Cardiidae: *Tridacna*) from the Indo-Pacific Ocean. PLoS ONE 8: e80858.

- Hutsell, K.C., Hutsell, L.L. & Pisor, D.L. 1997. Registry of World Record Size Shell. San Diego, California: Snail's Pace Productions.
- Hviding, E. 1993. The rural context of giant clam mariculture in Solomon Islands: an anthropological study. ICLARM Technical Report 39. Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management. Online.
- Jantzen, C., Wild, C., El-Zibdah, M., Roa-Quiaoit, H.A., Haacke, C. & Richter, C. 2008. Photosynthetic performance of giant clams, *Tridacna maxima* and *T. squamosa*, Red Sea. *Marine Biology* 155, 211–221.
- Johnson, M.S., Prince, J., Brearley, A., Rosser, N.L. & Black, R. 2016. Is *Tridacna maxima* (Bivalvia: Tridacnidae) at Ningaloo Reef, Western Australia? *Molluscan Research* 36: 264–270.
- Juinio, M., L. Menez & C. L. Villanoy, 1989. Status of giant clam resources of the Philippines. *Journal of Molluscan Studies*, 55: 431–440.
- Kinch, J., 2002. Giant clams: Their status and trade in Milne Bay Province, Papua New Guinea. *Traffic Bulletin*, 19(2): 67–75.
- Klumpp, D. W., Griffiths, C. 1994. Contributions of phototrophic and heterotrophic nutrition to the metabolic and growth requirements of four species of giant clam (Tridacnidae) . *Marine Ecology Progress Series* 115: 103-115.
- Klumpp, D.W., Bayne, B.L., Hawkins, A.J.S. 1992. Nutrition of the giant clam *Tridacna gigas* (L.) I. Contribution of filter feeding and photosynthates to respiration and growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 155: 105-122.
- Kubo, H., Iwai, K. 2007. On sympatric two species within *Tridacna* "maxima". *Annual Report Okinawa Fish Ocean Research Center* 68: 205-210.
- Larson, C. 2016. Shell trade pushes giant clams to the brink. *Science* 351 : 323–324.
- Lewis A.D. 1987. Aitutaki giant clams (pa'ua) resource profile no. 1. Suva, FAO/UNDP Regional Fishery Support Programme RAS/87/002: 12.
- Lucas, J.S. 1988. Giant clams: description, distribution and life history. In *Giant Clams in Asia and the Pacific*, J.W. Copland & J.S. Lucas (eds). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 21-32.
- Lucas, J.S. 1994. The biology, exploitation, and mariculture of giant clams (Tridacnidae). *Reviews in Fisheries Science* 2: 181-223.
- Lucas, J.S., Nash, W.J., Crawford, C.M., Braley, R.D. 1989. Environmental influences on growth and survival during the ocean-nursery rearing of giant clams, *Tridacna gigas* (L.). *Aquaculture* 80: 45–61.
- Mies, M., Braga, F., Scozzafave, M.S., Lemos, D.E.L. de, Sumida, P.Y.G. 2012. Early development, survival and growth rates of the giant clam *Tridacna crocea* (Bivalvia: Tridacnidae). *Brazilian Journal of Oceanography* 60: 127-133.
- Militz, T.A., Kinch, J. & Southgate, P.C. 2015. Population demographics of *Tridacna noae* (Roding, 1798) in New Ireland, Papua New Guinea. *Journal of Shellfish Research* 34: 329–335.
- Mingoa-Licuanan, S.S. & Gomez, E.D. 2007. Giant Clam Hatchery, Ocean Nursery and Stock Enhancement. Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.

- Munro, J. L., 1988. Status of giant clam stocks in the Central Gilbert Islands Group, Republic of Kiribati. *Proceedings of the Workshop on Pacific Inshore Fishery Resources*. 267–279.
- Neo, M. L., Vicentuan, K., Teo, S. L.-M., Erftemeijer, P. L. A., and Todd, P. A. 2015a. Larval ecology of the fluted giant clam, *Tridacna squamosa*, and its potential effects on dispersal models, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 469: 76–82.
- Neo, M. L., Eckman, W., Vicentuan, K., Teo, S. L.-M., and Todd, P. A. 2015b. The ecological significance of giant clams in coral reef ecosystems, *Biological Conservation*: 181, 111–123.
- Neo, M. L., Wabnitz, C. C. C., Braley, R. D., Heslinga, G. A., Fauvelot Cécile, Van Wynsberge, S., Andréfouët Serge, Waters, C., Tan, A. S. H., Gomez, E. D., Costello, M. J., Todd, P.A. 2017. Giant clams (*Bivalvia*: *cardiidae*: *tridacninae*): a comprehensive update of species and their distribution, current threats and conservation status. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 55.
- Neo, M.L. & Low, J.K.Y. 2017. First observations of *Tridacna noae* (Roding, 1798) (*Bivalvia*: *Heterodonta*: *Cardiidae*) in Christmas Island (Indian Ocean). *Marine Biodiversity*.
- Neo, M. L. & Liu, L. L. & Huang, D. & Soong, K. 2018. Thriving populations with low genetic diversity in giant clam species, *Tridacna maxima* and *T. noae*, at Dongsha Atoll, South China Sea. *Regional Studies in Marine Science*. 24. 10.1016/j.rsma.2018.09.001.
- Okada, H. 1997. *Market Survey of Aquarium Giant Clams in Japan*. South Pacific Aquaculture Development Project (Phase II). FAO Fisheries and Aquaculture Department Field Document No. 8. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Othman, A.S., Goh, G.H.S. & Todd, P.A. 2010. The distribution and status of giant clams (family *Tridacnidae*) – a short review. *Raffles Bulletin of Zoology* 58: 103–111.
- Pakoa, K., Friedman, K., Moore, B., Tardy, E., Bertram, I. 2014. Assessing tropical marine invertebrates: a manual for Pacific Island resource managers. Secretariat of the Pacific Community headquarters, 119.
- Peacor, S.D. and Werner, E.E. 2008. Nonconsumptive Effects of Predators and Trait-Mediated Indirect Effects. In eLS, (Ed.).
- Pinca, S., Kronen, M., Friedman K., Magron, F., Chapman, L., Tardy, E., Pakoa, K., Awira, R., Boblin, P., Lasi, L. 2009. Regional assessment report: profiles and results from survey work at 63 sites across 17 Pacific Island countries and territories. Secretariat of the Pacific Community.
- Pratchett, M. S., Caballes, C. F., Messmer, V., Fletcher, C. S., & Westcott, D. A. 2020. Movement patterns of Pacific crown-of-thorns starfish (*Acanthaster cf. solaris*) linked to habitat structure and prey availability.
- Rees, M., J. Colquhoun, L. D. Smith & A. J. Heyward. 2003. *Survey of trochus, holothuria, giant clams and the coral communities at Ashmore, Cartier Reef and Mermaid Reef, northwestern Australia*. Report to Environment Australia. Australian Institute of Marine Science. 64 pp.

- Richmond, M.D. and Rabeandratana, H.D. 1997. Mollusca - Molluscs. In: Richmond M. (ed) A Guide to the Seashores of Eastern Africa and the Western Indian Ocean Islands. Sida/Department for Research Cooperation, SAREC, Stockholm, Sweden, 238-241.
- Richter, C., H. Roa-Quiaoit, C. Jantzen, M. Al-Zibdah & M. Kochzius. 2008. Collapse of a new living species of giant clam in the Red Sea. *Current Biology* 18: 1–6.
- Roa-Quiaoit, H. A. F. 2005. The ecology and culture of giant clam (Tridacnae) in the Jordanian sector of the Gulf of Aqaba, Red Sea. Ph.D. Thesis, Universitat Bremen. 100 pp.
- Rosewater, J. 1965. The family Tridacnidae in the Indo-Pacific. *Indo-Pacific Mollusca* 1: 347-396.
- Schlaff, A., Menéndez, P., Hall, M., Heupel, M., Armstrong, T., Motti, C. 2020. Acoustic tracking of a large predatory marine gastropod, *Charonia tritonis*, on the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 642: 147-161.
- Sims, N. A. & N. T. Howard. 1988. Indigenous Tridacnid clam populations and the introduction of *Tridacna derasa* in the Cooks Islands. In: Copland, J. W. & Lucas, J. S. (eds.), *Giant Clams in the Asia and the Pacific*. Australian Centre
- Stasek, C.R. 1965. Behavioural adaptation of the giant clam *Tridacna maxima* to the presence of grazing fishes. *The Veliger* 8: 29-35.
- Su, P.-W. 2013. *The reproductive comparison of giant clams Tridacna noae and Tridacna maxima*. MSc Thesis, National Sun Yat-Sen University, Taiwan.
- Su, Y., Hung, J.H., Kubo, H., Liu, L.L. 2014a. *Tridacna noae* (Roding, 1798) - A valid giant clam species separated from *T.maxima* (Roding, 1798) by morphological and genetic data. *The Raffles Bulletin of Zoology* 62: 143-154.
- Su, Y., Hung, J.H., Liu, L.L. 2014b. Review of giant clams (Mollusca, Bivalvia, Eulamellibranchia, Cardiidae, Tridacninae) from Taiwan. *Platax* 11: 33-52.
- Su, P.W., G.L. Zhang, B. Chen, K. Soong, L.L. Liu. 2021. Reproduction and early juvenile growth of the giant clams *Tridacna noae* and *Tridacna maxima* in Taiwan. *Zoological Studies* 60:49.
- Tan, S., Y. Zulfi gar, S. B. Ibrahim & Y. Abdul Aziz. 1998. Status of giant clams in Pulau Tioman, Malaysia. *Malayan Nature Journal*, 52: 205–216.
- Tang, Y.C. 2005. The Systematic status of *Tridacna maxima* (Bivalvia: Tridacnidae) based on morphological and molecular evidence. MS thesis, National Taiwan Ocean University, 114.
- Van Wynsberge, S. 2016. *Approche comparee, integree et spatialissee pour la gestion d'une ressource emblématique exploitée en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie: le cas du benitier (Tridacna maxima)*. PhD Thesis, Université de la Polynésie française, IRD Centre de Noumea, Papeete, Noumea, New Caledonia.
- Verdadero, F.X.D., Licuanan, W.Y., Escudero, K.C., Narida, E.-J. G., Cristobal, A. C. C., España, N.B. 2017. Status of coral communities and reef-associated fish and invertebrates in Batangas and northern Palawan. *Manila Journal of Science* 10: 101-114.
- Wells, S. 1997. *Giant Clams: Status, Trade and Mariculture, and the Roles of CITES Management*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. Online

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1997-076.pdf> (accessed 19 December 2016).

- Wynsberge, S. V., Andréfouët, S., Gilbert, A., Stein, A., and Remoissenet, G. 2013. Best Management Strategies for Sustainable Giant Clam Fishery in French Polynesia Islands: Answers from a Spatial Modeling Approach, *Plos One*, 8, e64641,
- Yamaguchi, M. 1977. Conservation and cultivation of giant clams in the tropical Pacific. *Biological Conservation*, 11(1): 13-20.
- Yang, C. M., Chen, Y. H., Chen, Y. C., Lai, C. C., Huang, H. H., Wu, L. J. 2015. A Preliminary Study of Distribution and Density of Giant Clams (*Tridacna* spp.) on Green Island, Taiwan. *Journal of The Fisheries Society of Taiwan*, 42(3): 145-155.
- Zann, L.P. & A.M. Ayling. 1988. Status of giant clams in Vanuatu. In: Copland, J.W. & Lucas, J.S. (eds.). *Giant clams in Asia and the Pacific*. Australian Centre for International Agricultural Research. Monograph 9: 60–63.

期中審查意見回復表

序號	審查意見	回復說明	頁碼
1	委員一： 一、P4，研究背景第三段，駱駝螺，蜘蛛螺之食性也是以碎屑收集為主，應該不是藻類。	已修正。	p.8
2	二、P10，過往密度變化部分，收集彙整得非常仔細，但是否可能將過去的歷史調查方法以表列的方式呈現，比較水深穿越線長度調查面積等相關的資訊，更容易比對調查方法及努力量。	已納入。	p.32
3	三、有關澎湖碑渠貝的調查，2020 年澎湖農林局有委託澎科大及高海大進行經濟貝類調查，不知是否有碑礫貝相關較新的資料。	未查詢到本調查報告。	
4	四、P39，圖 11 圖說標題和座標軸的說明不一致，請確認。	已修正。	p.37
5	五、全文描述調查方法為穿越線，但是實際是一個 5 公尺寬的帶狀，是否以穿越帶來表達，請參考。	感謝委員建議。已修正。	
6	六、有關潛水安全規範，在報告書裡面出現地圖為突兀而且與前後文未盡關聯，建議在標題後稍作說明，解釋潛水安全規範與碑礫貝水下調查之關聯及重要性，之後再進入表列規則。再者，規劃內的條文，有些過於口語，有的是翻譯後的字詞，建議改寫順稿。	感謝委員建議。已修正。	p.59
7	七、有關碑礫貝各屬之間的差別，報告內用了三張照片(圖 3、圖 4、圖 20)，建議把這三張圖併在一起呈現，較能容易看出各屬及外套膜之間的差異。	感謝委員建議。已修正。	p.19
8	八、屬名必須要斜體(如 P17 大法螺)。	已修正。	p.35
9	九、碑礫貝保育計畫初稿，建議本文內稍作說明之後，將整段文章轉換為附錄，在文意上才可以連貫。	感謝委員建議。已將本部分納入附錄 5。	

10	十、現地調查相較過去紀錄和標本，個體確實偏小許多，值得注意，建議討論過漁或者是其他原因。另，10cm 大小的碑礫貝年齡大約是多少？若有相關資料建議一併附上。	已納入。	p.78
11	十一、台灣紀錄七個物種照片皆為台灣水域的標本嗎？有些種類(如扇碑礫貝)並不常見，建議在圖片上標註拍攝地點。此外，P22 圓碑礫貝照片似乎有被拉長，且比例壓縮過，需注意保留原圖尺寸。	已修正。	p.64-70
12	十二、螺是夜行性的物種，白天調查會低估族群，建議說明工作項目的現實狀況。	感謝委員建議。已納入討論。	p.37
13	十三、P38，資料整理，可以的話標註年代，更容易理解種類和年代及分布的狀況。	已修正。	p.27-31
14	十四、P5，有關鉛筆海膽目前在台灣海域幾乎完全絕跡，建議在期末提醒。	已納入。	p.8
15	十五、建議期末報告，加入海菊蛤的相關利用及資源調查研究的資料收集。	已納入。	p.8
16	委員二： 一、文獻回顧方面，除了台灣周邊海域，建議整理碑礫貝在太平洋區之分布、基礎生物學及群聚生物學，可以比較不同區域的生態環境。	感謝委員建議。已修正。	p.20-22
17	二、P12，提到大法螺相關文獻 26 篇及馬蹄鐘螺 12 篇，建議更詳細敘述各篇內容，如基本生態學、食性、群聚生物學等。另，在報告書內看不到附表二，請確認是否遺漏。	感謝委員建議。已修正。	p.35-36
18	三、P40，圖 14 等，應加入個體數，長碑礫貝數量皆小於 10，建議在結果中要加註因個體數小，可能代表性不足。	感謝委員建議。已修正。已修正。	p.78
19	委員三： 一、P24，第 3 點，澎湖跟台東所劃設的保護區是否已將碑礫貝納入管理保護標的？團隊需再查證。	已修正。	p.96

20	二、P24，第 6 點，目前碑礫貝還不是保育類動物，與野保法並無直接關係，文字用詞需斟酌修正。	感謝委員建議。已修正。已修正。	p.96
21	委員四： 一、預定工作進度及實際工作進度請圖示列表比對，以利審查。	已納入。	p.15
22	二、P23，參點最後一行，仍顯示「過於」，是否應為「過漁」？另目前實際在台東看到的都較小，是否是之前台東復育的？除了台東以外，另外在其他的地區是否有發現？	已修正。本調查所有樣點均有碑礫貝成體低的情形，應與臺東復育成效無關。	
23	林委員天賞/海洋保育署 一、報告中提到台灣過去多數的調查文獻未敘說明是何物種，只有統稱，若過去資料不足，僅有今年的調查結果，應如何研擬保育計畫？	本問題在計畫執行前即已提及，因此評估結論有待驗證，引用亦需有所保留。	
24	二、若後續疫情狀況不樂觀，潛水現地調查是否會受到影響？解決的方法為何？	已完成所有野外調查工作。	
25	委員五： 一、在物種確認方面，調查是否有採集 DNA 進行分析的規劃？或是現地觀察便能準確判定物種。	已完成分子定序工作，目前現地辨識與分子定序結果相符。	p.57-58
26	二、除了已經完成的兩地點基犁和杉原，後續是否有規劃其他調查地點？	已完成所有野外調查工作。	
27	三、調查測線分為深、淺兩條，這兩條測線是否足以代表此地區碑礫貝的分布情況？	碑礫貝主要分布於 10 公尺以淺水域，本計畫調查方式與全球一致，應是有相當之代表性。	
28	四、在圖 7 發現過去也有相同地點的調查紀錄，過去和此次所使用的方法是否一致？另，此次調查數量和密度比過去的資料高出很多，在未來整理資料時是否適合融合分析？	本計畫調查方式與前研究一致，若物種相同做比較分析應無問題。	

29	五、報告中提到的測線外紀錄，是否有融入一併分析？或是屬於額外的資料。	所有調查結果均納入相關分析。	
30	六、P13，圖 2、圖 3 標錯，應該是圖 1、圖 2。	已修正。	

期末審查意見回復表

序號	審查意見	回復說明	頁碼
委員一：			
1	1. 方法彙整相當完整	感謝委員肯定。	
2	2. 前言提及 P10 及方法 2.5 和機關邀集專家及權益關係人共同商討，如何呈現？	感謝委員指正。本部分為配合海保署欲研擬臺灣碑礫貝保育計畫時，協助相關會議之討論。	
3	3. 深水測站及淺水測站如何定義 (p22 及 p82)	本計畫調查深度多在 10 公尺以淺，深淺為相對深度。請參閱 p.17，p.73。	p.17 p.73
4	4. 如何由親緣樹判定有無雜交種？	不同種碑礫貝樣本於分析中均自成單系群，且有高 bootstrap 值，據以判定無雜交現象。	
5	5. 物種判定(P27),是否可以表格搭配檢索表進行比較呈現	感謝委員建議。已修正。	p.69-71
6	6. 墾丁小個體多為 10cm 以下，是否因為採捕壓力過大	此為影響因子之一。其它還有氣候變遷、環境汙染、沉積物影響等。	
7	7. P25 紀錄手冊建議圖表穿插文中	感謝委員建議。已修正。將圖放到 3.3 調查紀錄手冊內以方便閱讀。	p.57-73
8	8. 圓碑礫由足絲孔判定，在野外必須破壞侵入而無法有效鑑定，建議多強化外套膜描述	遵照辦理。	
9	9. 請署內後續加強對碑礫貝的基礎研究，建立繁養殖保育資料	已請海保署參考本意見。	
委員二：			

10	1. 文獻回顧較單薄，目前的資料不是以完整的方式表達。文獻回顧應以文獻之引用，論述每種貝類在不同國家及台灣之群落生態、現況及威脅等。文獻中之文獻並未全部引用在文章中，希望可部分可大幅度增加至內容足以完成一個完整的文章及故事。	已補充。	p.20-21 p.75
11	2. 文獻中有許多格式不一致，請改正。	感謝委員建議。已修正。	
12	3. 檢索表應與照片一起呈現，詳細指示型態，較利一般民眾閱讀。	感謝委員建議。已修正。	p.69-70
委員三：			
13	1. P.1 摘要：請再加強補充各工項的成果重點摘要說明，及英文摘要。	已補充。	p.1-2
14	2. P.7 附錄目錄：附錄 1.項碼標示「103」，而附錄 2~附錄 5.皆標示為「40」，請統一。	感謝委員建議。已修正。	
15	3. P.10：第二段及第三段，2 段的倒數第三行語句似都有重覆，請確認修改。	感謝委員建議。已修正。	p.11
16	4. P.42 圖 1：請明確標示圖左及圖右何者是碑礫貝屬？何者是碑壕貝屬？	感謝委員建議。已修正。	p.22
17	5. P.27：文中說明「圖 48」後即跳到「圖 50」缺了「圖 49」，而 p.63 則缺了「圖 48」，請確認修正。	感謝委員建議。已修正。	
18	6. P.27~P.28：「臺灣碑礫貝檢索表」是要說明什麼？找不到對應的文字內容及圖說。	感謝委員建議。已修正。	p.69-70
19	7. P.89：「表 7.海洋野生動物評估分類作業要點一覽表」應該是海保署公告的「海洋野生動物評估分類作業要點」之附表，建議完整引用。	感謝委員建議。已修正。	p.83
20	8. P.98、P.99、P.103：缺這 3 頁標示碼。	感謝委員建議。已修正。	
21	9. 建議在繳交成果報告時請將「附錄 2~5」的資料印出附上或附上光碟片，以利閱讀。「附錄 2~5」在提供的網址內看到的是「附表 1~2」，請修正。	感謝委員建議。已修正。	
22	10. 建議圖、表的放置位置請跟在文字說明之後，及說明請以中文表示，以利閱讀。	感謝委員建議。已修正。	

23	11. 本報告無「結論」的章節，只有檢討與建議，建議整理增加「結論」章節。	感謝委員建議。已修正。	p.99
24	12. 本文字體大小間距建議統一和「附錄 1.」的本文一樣，以利閱讀。(附錄 1.「臺灣碑礫貝保育計畫書」)	感謝委員建議。已修正。	
25	13. 建議圖、表的放置位置請跟在文字說明之後，以利閱讀。	感謝委員建議。已修正。	
26	14. P.6：「臺灣碑礫貝檢索表」是要說明什麼？找不到對應的文字內容及圖說。	感謝委員建議。已修正。	p.69-70
27	15. P.9：倒數第九行「表#」應為「表五」，請修正。	感謝委員建議。已修正。	
28	16. P.13：「圖一」的說明請以中文表示。	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.15)
29	17. P.14 圖二：請明確標示圖左及圖右何者是碑礫貝屬？何者是碑礫貝屬？	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.16)
30	18. P.30：「表四.海洋野生動物評估分類作業要點一覽表」應該是海保署公告的「海洋野生動物評估分類作業要點」之附表，建議完整引用。	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.31)
31	19. P.39：「表六」找不到對應的文字內容？	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.12)
32	20. 建議提供較具體的保育建議(可摘述於摘要及結論中)	感謝委員建議。已補充於結論中。	p.99-100
委員四：			
33	1. 附錄一臺灣碑礫貝保育計畫，P6 碑礫貝檢索表，是否能加入圖片？文字搭配圖片對照，較容易閱讀。	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.7-8)
34	2. 附錄一臺灣碑礫貝保育計畫，P7 提到調查過程中也曾目擊民眾潛水採集碑礫貝，顯示碑礫貝仍有「漁業」採捕壓力，建議漁業可不寫或使用其他文字替代。	感謝委員建議。已刪除。	
35	3. 碑礫貝生長的危機提到採捕、環境、海洋酸化等問題，是否還有其他因生物面所造成的威脅？	碑礫貝之掠食者有肉食性魚類、甲殼類及貝類。已補充。	附錄 5 (p.9-10)
36	4. 附錄一臺灣碑礫貝保育計畫，P10 棲地維護及人為活動管理，第二點「成立保護區」，是否有建議使用哪個作用法來規劃？第三點「加強查緝違反野生動物保育法，非法採捕碑礫貝情事」，因目前碑礫貝尚未列入保育類，並不是用野保法，文字使用	感謝委員建議。已修正。	附錄 5 (p.13)

	應該斟酌修正。		
委員五：			
37	1. 依《IUCN 紅皮書類別及標準》或「海洋野生動物評估分類作業要點」評估結果，菱磽磥貝、扇磽磥貝、巨磽磥貝建議納入保育類，但另外四種在調查過程中多呈現成體小、密度低的狀況，並不樂觀，針對此種現象是否有建議的保護措施？	建議行動方案請參閱本計畫報告。	附錄 5 (p.12-13)
委員六：			
38	1. 延續林委員天賞的問題，若部分物種列入保育類，在野外是否能夠容易辨識物種？否則可能在執行面會有些困難。	感謝委員建議。本部分需測試後才可得知並進行相關調整。	
39	2. 歷年磽磥貝密度變化，若有足夠的資料建議製成圖表呈現，能較容易閱讀。	感謝委員建議。如圖 3-3 至圖 3-10。	p.26-29
40	3. 依調查結果發現密度低的情況，除了列入保育類，是否有其他可優先執行的保育措施或復育行動？	感謝委員建議。已補充說明。	附錄 5 (p.12-13)
41	4. 若要進行磽磥貝復育，是否有推薦優先執行之地點？	感謝委員建議。可優先考慮之地點，例如後壁湖保護區。	

附錄 1. 碑礫貝參考文獻。

1	戴昌鳳、宋克義、黃將修、陳昭倫、樊同雲（2001）台灣海域珊瑚礁現況調查。行政院農業委會漁業署委託計畫。
2	戴昌鳳、宋克義、黃將修、陳昭倫、樊同雲（2002）台灣海域珊瑚礁現況調查。行政院農業委會漁業署委託計畫。
3	戴昌鳳、宋克義、鄭明修、陳昭倫、樊同雲（2003）台灣海域珊瑚礁現況調查。行政院農業委會漁業署委託計畫。
4	戴昌鳳、宋克義、鄭明修、陳昭倫、樊同雲（2004）台灣海域珊瑚礁現況調查。行政院農業委會漁業署委託計畫。
5	許鐘鋼、陳岳川、蘇懿忠、黃金峰、蔡萬生（2007）澎湖海域碑礫貝生態調查。水試專訊，20，1-5。
6	戴昌鳳（2007）台灣海域珊瑚礁分布及珊瑚多樣性調查研究 III。行政院農業委會漁業署委託計畫。
7	鄭明修（2008）台灣海域珊瑚礁分布及珊瑚多樣性調查研究IV。行政院農業委會漁業署委託計畫。
8	陳昭倫、鄭明修（2008）台灣區珊瑚礁總體檢計畫書。
9	台灣環境資訊協會（2009）2009 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
10	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、王瑋龍、孟培傑（2009）澎湖南方東嶼坪、西嶼坪、東吉嶼 及西吉嶼四島周邊海域生態資源調查。海洋國家公園管理處委託計畫。
11	李明安、李國添、周宏農、邵廣昭、曾建璋、鄭明修（2009）澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫。行政院農業委會漁業署委託計畫。
12	台灣環境資訊協會（2010）2010 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
13	李明安、李國添、曾建璋、鄭明修、邵廣昭（2010）澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫。行政院農業委會漁業署委託計畫。
14	台灣環境資訊協會（2011）2011 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
15	台灣環境資訊協會（2012）2012 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
16	台灣環境資訊協會（2013）2013 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
17	Yang, C. M., Chen, Y. H., Chen, Y. C., Lai, C. C., Huang, H. H., & Wu, L. J.(2015). A Preliminary Study of Distribution and Density of Giant Clams (<i>Tridacna</i> spp.) on Green Island, Taiwan. 臺灣水產學會刊, 42(3), 145-155.
18	台灣環境資訊協會（2014）2014 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
19	台灣環境資訊協會（2015）2015 台灣珊瑚礁體檢成果報告。

20	楊清閔、陳高松、陳岳川、黃星翰、黃建智、吳龍靜（2018）。台灣綠島沿岸碑礫貝的分布密度特徵。臺灣水產學會刊，42(3)，145-155。
21	台灣環境資訊協會（2016）2016 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
22	鄭禧年（2018）臺灣附近海域碑礫貝之分布及殼生長輪研究。國立中山大學海洋科學系碩士論文。
23	台灣環境資訊協會（2017）2017 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
24	台灣環境資訊協會（2018）2018 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
25	張致銜、翁進興、楊清閔、陳高松、黃侑勛、陳文泰、陳哲明、吳龍靜（2019）。綠島沿岸碑礫貝資源調查與復育策略。水試專訊，67，1-6。
26	鄭明修、戴昌鳳、劉毓興、鄭安怡、林昕佑、陳繼威、郭道仁、陳玉慧、秦啟翔（2020）七美珊瑚及碑礫貝資源調查成果報告書。澎湖縣政府農漁局委託計畫。
27	陳天任、鄭明修、施志昀、李明安、林綉美、曾煥昇、翁進興（2019）澎湖縣海洋生態暨漁業資源盤點調查計畫。澎湖縣政府農漁局委託計畫。
28	台灣環境資訊協會（2019）2019 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
29	鄭明修、戴昌鳳、柯佳吟（2019）澎湖南方四島國家公園海域自然資源經營管理策略研析。海洋國家公園管理處委託研究報告。
30	台灣環境資訊協會（2020）2020 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
31	鄭明修、戴昌鳳、劉毓興、林昕佑、鄭安怡、陳繼威、郭道仁、陳玉慧、秦啟翔（2020）望安周邊海域珊瑚及碑礫貝生態資源調查。澎湖縣政府農漁局委託計畫。

附錄 2. 大法螺參考文獻。

1	吳全橙 (1981) 南沙太平島海洋環境與生物資源調查研究 (一)。臺灣省水產試驗所試驗報告, 33:195-230。
2	張崑雄、鄭明修 (1989) 墾丁國家公園海域軟體動物之生態研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
3	鄭明修 (2005) 東沙海域生態資源基礎調查研究。內政部營建署委託辦理報告。
4	方力行 (2006) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (六) 與環境教育之應用 (三) 基本生態資料之建立 (三) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
5	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2006) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(一)。內政部營建署委託辦理報告。
6	謝恆毅、陳昭倫、戴昌鳳 (2008) 澎湖海域寒災後海洋生態及漁業資源調查 (無脊椎動物部份) 期末報告。行政院農業委員會水產試驗所。
7	何平合 (2008) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (八) 與環境教育之應用 (五) 基本生態資料之建立 (五) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (四)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
8	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2008) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(二)。內政部營建署委託辦理報告。
9	陳正平、黃興倬、李澤民、杜銘章 (2008) 綠島海洋生物調查。海洋國家公園管理處。:1-487。
10	柯風溪 (2009) 小蘭嶼自然資源調查計畫 成果報告書。海洋國家公園管理處成果報告。
11	鄭明修 (2009) 澎湖南方東嶼坪、西嶼坪、東吉嶼及西吉嶼四島周邊海域生態資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫報告。
12	何平合 (2009) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(九)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
13	鄭明修 (2010) 澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫期末報告。行政院農業委員會漁業署農業委託研究計畫。
14	吳瑞賢 (2010) 東沙島海域生態旅遊資源調查與規劃。海洋國家公園自行研究報告。
15	鄭明修 (2011) 東沙珊瑚礁生態現況與變遷趨勢評估計畫期末報告。海洋國家公園管理處成果報告。
16	宋克義 (2012) 東沙環礁北側礁台生物多樣性及棲地組成調查。海洋國家公園管理處成果報告。
17	張至維 (2013)。澎湖南方四島海域生態熱點調查與潛點規劃。海洋國家公園管理處委託辦理計畫報告。
18	陳昭倫 (2013) 墾丁國家公園海域珊瑚礁底棲群聚、水質與貝類資源量現況調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
19	朱雲瑋 (2015) 澎湖南方四島海域生態資源調查。海洋國家公園管理處成果報告。
20	黃俞升 (2017) 澎湖南方四島藻類相及無脊椎生物相調查。海洋國家公園管理處成果報告。
21	鄭明修 (2019) 澎湖南方四島國家公園海域自然資源經營管理策略研析成果報告。海洋國家公園管理處委託辦理計畫。

22	(2019)澎湖淺海珊瑚生態資源調查期末報告
23	邱郁文(2019) 東沙環礁國家公園螺貝類資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫成果報告。
24	(2020)海研五號沈船海域生態環境長期監測計畫 第一年期末報告 3
25	戴昌鳳、宋克義、鄭明修、陳昭倫、樊同雲 (2001-2004) 台灣海域珊瑚礁現況調查。行政院農委會漁業署計畫期末報告書，90 頁。
26	陳昭倫、鄭明修 (2008) 台灣區珊瑚礁總體檢計畫書。
27	台灣環境資訊協會 (2009) 2009 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
28	台灣環境資訊協會 (2010) 2010 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
29	台灣環境資訊協會 (2011) 2011 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
30	台灣環境資訊協會 (2012) 2012 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
31	台灣環境資訊協會 (2013) 2013 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
32	台灣環境資訊協會 (2014) 2014 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
33	台灣環境資訊協會 (2015) 2015 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
34	台灣環境資訊協會 (2016) 2016 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
35	台灣環境資訊協會 (2017) 2017 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
36	cathy6686 (2018) iNaturalist。檢自 https://www.inaturalist.org/observations/82558703 (Jul.16.2021)
37	台灣環境資訊協會 (2018) 2018 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
38	台灣環境資訊協會 (2018) 2018 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
39	台灣環境資訊協會 (2019) 2019 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
40	蔡志恆 (2019) 保育有成!大法螺群聚基隆潮境保育區。台視新聞。檢自 https://www.youtube.com/watch?v=yJboJzBnLx8 (Jul.16.2021)
41	吳淑君 (2019) 影／因為有這一群人 大法螺住在潮境很安全。聯合新聞網。檢自 https://udn.com/news/story/7158/3684320 (Jul.16.2021)
42	台灣環境資訊協會 (2020) 2020 台灣珊瑚礁體檢成果報告。

附錄 3. 馬蹄鐘螺參考文獻。

1	吳全橙 (1981) 南沙太平島海洋環境與生物資源調查研究 (一)。臺灣省水產試驗所試驗報告, 33: 195-230。
2	張崑雄、鄭明修 (1989) 墾丁國家公園海域軟體動物之生態研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
3	鄭明修 (2005) 東沙海域生態資源基礎調查研究。內政部營建署委託辦理報告。
4	方力行 (2006) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (六) 與環境教育之應用 (三) 基本生態資料之建立 (三) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
5	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2006) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(一)。內政部營建署委託辦理報告。
6	謝恆毅、陳昭倫、戴昌鳳 (2008) 澎湖海域寒災後海洋生態及漁業資源調查(無脊椎動物部份)期末報告。行政院農業委員會水產試驗所。
7	何平合 (2008) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (八) 與環境教育之應用 (五) 基本生態資料之建立 (五) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (四)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
8	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2008) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(二)。內政部營建署委託辦理報告。
9	陳正平、黃興倬、李澤民、杜銘章 (2008) 綠島海洋生物調查。海洋國家公園管理處。:1-487。
10	柯風溪 (2009) 小蘭嶼自然資源調查計畫 成果報告書。海洋國家公園管理處成果報告。
11	鄭明修 (2009) 澎湖南方東嶼坪、西嶼坪、東吉嶼及西吉嶼四島周邊海域生態資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫報告。
12	何平合 (2009) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(九)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
13	鄭明修 (2010) 澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫期末報告。行政院農業委員會漁業署農業委託研究計畫。
14	吳瑞賢 (2010) 東沙島海域生態旅遊資源調查與規劃。海洋國家公園自行研究報告。

15	鄭明修 (2011) 東沙珊瑚礁生態現況與變遷趨勢評估計畫期末報告。海洋國家公園管理處成果報告。
16	宋克義 (2012) 東沙環礁北側礁台生物多樣性及棲地組成調查。海洋國家公園管理處成果報告。
17	張至維 (2013)。澎湖南方四島海域生態熱點調查與潛點規劃。海洋國家公園管理處成果報告。
18	陳昭倫 (2013) 墾丁國家公園海域珊瑚礁底棲群聚、水質與貝類資源量現況調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
19	朱雲璋 (2015) 澎湖南方四島海域生態資源調查。海洋國家公園管理處成果報告。
20	黃俞升 (2017) 澎湖南方四島藻類相及無脊椎生物相調查。海洋國家公園管理處成果報告。
21	鄭明修 (2019) 澎湖南方四島國家公園海域自然資源經營管理策略研析成果報告。海洋國家公園管理處委託辦理計畫。
22	(2019) 澎湖淺海珊瑚生態資源調查期末報告
23	邱郁文(2019) 東沙環礁國家公園螺貝類資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫成果報告。
24	(2020) 海研五號沈船海域生態環境長期監測計畫 第一年期末報告 3
25	鄭明修 (2020) 七美淺海珊瑚及碑礫貝生態資源調查委託案成果報告書。澎湖縣政府農漁局委託計畫。
26	戴昌鳳 (2013) 東沙環礁珊瑚生長關鍵因子之探討珊瑚群聚組成分析暨生態圖鑑製作。海洋國家公園管理處成果報告。

附錄 4. 銀塔鐘螺參考文獻。

1	吳全橙 (1981) 南沙太平島海洋環境與生物資源調查研究 (一)。臺灣省水產試驗所試驗報告, 33: 195-230。
2	張崑雄、鄭明修 (1989) 墾丁國家公園海域軟體動物之生態研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
3	鄭明修 (2005) 東沙海域生態資源基礎調查研究。內政部營建署委託辦理報告。
4	方力行 (2006) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (六) 與環境教育之應用 (三) 基本生態資料之建立 (三) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
5	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2006) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(一)。內政部營建署委託辦理報告。
6	謝恆毅、陳昭倫、戴昌鳳 (2008) 澎湖海域寒災後海洋生態及漁業資源調查(無脊椎動物部份)期末報告。行政院農業委員會水產試驗所。
7	何平合 (2008) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫—人為活動對海域生態所造成之衝擊研究 (八) 與環境教育之應用 (五) 基本生態資料之建立 (五) 與環境生態資料庫資訊系統之建立 (四)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
8	鄭明修、戴昌鳳、陳正平、孟培傑 (2008) 東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(二)。內政部營建署委託辦理報告。
9	陳正平、黃興倬、李澤民、杜銘章 (2008) 綠島海洋生物調查。海洋國家公園管理處。:1-487。
10	柯風溪 (2009) 小蘭嶼自然資源調查計畫 成果報告書。海洋國家公園管理處成果報告。
11	鄭明修 (2009) 澎湖南方東嶼坪、西嶼坪、東吉嶼及西吉嶼四島周邊海域生態資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫報告。
12	何平合 (2009) 墾丁國家公園海域長期生態研究計畫人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(九)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
13	鄭明修 (2010) 澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測計畫期末報告。行政院農業委員會漁業署農業委託研究計畫。
14	吳瑞賢 (2010) 東沙島海域生態旅遊資源調查與規劃。海洋國家公園自行研究報告。

15	鄭明修 (2011) 東沙珊瑚礁生態現況與變遷趨勢評估計畫期末報告。海洋國家公園管理處成果報告。
16	宋克義 (2012) 東沙環礁北側礁台生物多樣性及棲地組成調查。海洋國家公園管理處成果報告。
17	張至維 (2013)。澎湖南方四島海域生態熱點調查與潛點規劃。海洋國家公園管理處成果報告。
18	陳昭倫 (2013) 墾丁國家公園海域珊瑚礁底棲群聚、水質與貝類資源量現況調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
19	朱雲瑋 (2015) 澎湖南方四島海域生態資源調查。海洋國家公園管理處成果報告。
20	黃俞升 (2017) 澎湖南方四島藻類相及無脊椎生物相調查。海洋國家公園管理處成果報告。
21	鄭明修 (2019) 澎湖南方四島國家公園海域自然資源經營管理策略研析成果報告。海洋國家公園管理處委託辦理計畫。
22	(2019) 澎湖淺海珊瑚生態資源調查期末報告
23	邱郁文(2019) 東沙環礁國家公園螺貝類資源調查。海洋國家公園管理處委託辦理計畫成果報告。
24	(2020) 海研五號沈船海域生態環境長期監測計畫 第一年期末報告 3
25	戴昌鳳 (1991) 墾丁國家公園海域有毒及危險生物的研究 (二) 有毒海洋生物毒性生態的研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
26	鄭明修 (2008) 台灣海域珊瑚礁分布及珊瑚多樣性調查研究(IV)。行政院農委會漁業署農業委託研究計畫。

附錄 5. 臺灣碑礫貝保育計畫書

臺灣碑礫貝保育計畫(草案)

海洋委員會海洋保育署

110 年 12 月

目錄

目錄.....	1
圖目錄.....	2
表目錄.....	3
第一章 前言.....	4
第二章 碑磔貝物種概述.....	5
2.1 菱碑磔貝	5
2.2 圓碑磔貝	5
2.3 扇碑磔貝	6
2.4 巨碑磔貝	6
2.5 長碑磔貝	6
2.6 諾亞碑磔貝	6
2.7 鱗碑磔貝	6
第三章 碑磔貝保育問題分析.....	9
3.1 臺灣周邊海域碑磔貝歷年之密度變化.....	9
3.2 臺灣周邊海域碑磔貝之生存威脅	9
3.3 臺灣碑磔貝保育等級評估	10
3.3.1 依《IUCN 紅皮書類別及標準》評估臺灣碑磔貝保育等級.....	10
3.3.2 依「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級	11
第四章 碑磔貝保育行動方案.....	12
4.1 調查、監測及研究	12
4.2 棲地維護及人為活動管理	13
4.3 擴大教育宣導及參與量能	13
參考文獻.....	13

圖目錄

圖一. 臺灣碑磔貝有文獻紀錄之物種分布圖.....	155
圖二. 碑磔貝屬 <i>Tridacna</i> 及 碑蠟貝屬 <i>Hippopus</i> 物種之外殼及外套膜 完全展開會/不會超過殼緣示意圖	166
圖三. 菱碑磔貝之形態及外觀.....	177
圖四. 菱碑磔貝殼之形態及外觀.....	17
圖五. 圓碑磔貝之形態及外觀.....	18
圖六. 圓碑磔貝殼之形態及外觀.....	18
圖七. 扇碑磔貝之形態及外觀.....	19
圖八. 扇碑磔貝殼之形態及外觀.....	19
圖九. 巨碑磔貝之形態及外觀.....	20
圖十. 巨碑磔貝幼貝貝殼之形態及外觀.....	20
圖十一. 巨碑磔貝殼之形態及外觀.....	20
圖十二. 長碑磔貝之形態及外觀.....	21
圖十三. 長碑磔貝殼之形態及外觀.....	21
圖十四. 諾亞碑磔貝之形態及外觀.....	22
圖十五. 諾亞碑磔貝殼之形態及外觀.....	22
圖十六. 鱗碑磔貝之形態及外觀.....	23
圖十七. 鱗碑磔貝殼之形態及外觀.....	23

表目錄

表一. 全世界碑礫貝之現生種列表及國際保育等級	24
表二. 臺灣碑礫貝記錄種之形態特徵表.....	25
表三、 國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標一覽表	26
表四、 海洋野生動物評估分類作業要點一覽表	32
表五. 碑礫貝依『海洋野生動物評估分類作業要點』評估保育等級一覽表.....	36
表六、臺灣碑礫貝保育行動方案表.....	41

第一章 前言

珊瑚礁生態系雖然只占地球不到千分之三的海洋面積，卻有超過 25% 以上的海洋生物物種居住在這裡，其中屬於軟體動物門（Mollusca）的螺貝類有些因形狀奇特，有些是經濟性食用種，因長期遭人類採捕，造成資源枯竭，這不但是全球性的問題且由來已久，特別是硨磲貝，硨磲貝是世界上最大型的雙殼貝，主要分布在印度洋、太平洋地區，海水溫度介於 24~30°C 的熱帶珊瑚礁淺海域。

硨磲貝在珊瑚礁生態系中提供的功能有組織供捕食者吃食；排放的共生藻、排泄物及配子供隨機攝食者使用；其外殼除了有保護自身的功能，也是其它生物的居所，供給珊瑚、藻類、海綿、管蟲、海鞘、苔蘚蟲等生物附生，共棲生物則有魚、豆蟹、蝦等，因此，硨磲貝有穩定珊瑚礁生態系統的功能。但硨磲貝長期遭受漁業獵捕壓力，所以又是可反應珊瑚礁生態系統受人為活動影響的物種，因此，硨磲貝也被視為珊瑚礁健康狀況的指標物種之一（Hodgson, 2002），並列為華盛頓公約（CITES）附錄二的保護物種。

硨磲貝為順序性雌雄同體（Protandrous hermaphroditism）物種，在初期性成熟時為雄性，之後再轉換為雌雄同體（simultaneous hermaphrodites）的個體（Lucas, 1988）。硨磲貝採精卵排放體外受精的生殖策略，為提高生殖成功率，硨磲貝的分布通常有聚集現象（Huang et al., 2007）。硨磲貝體內有共生藻與其共生，共生藻可提供硨磲貝生長所需的有機碳及有機氮源，硨磲貝也會將代謝廢物給共生藻利用。此外，硨磲貝仍維持主動攝取水中浮游性藻類和有機物為食之習性。硨磲貝的生長速度隨種類、水溫以及生長階段而異，幼貝生長速率比成體高，以鱗硨磲貝為例，殼長 13 公分以內時，每年生長速率約 3.8 公分，但隨著體長增加，生長速率也跟著下降，到殼長為 20 公分左右時，其生長速率下降為每年 1.9 公分（Beckvar 1981）。

雖然硨磲貝在 2000 年前已列入華盛頓公約（CITES）附錄二的保護物種，但臺灣從未進行過系統性的調查及保育評估，基此，海洋委員會海洋保育署藉由委託計畫進行歷年臺灣海域硨磲貝的分布情形及進行現地族

群調查，並擬定本保育計畫，以提出臺灣碑磔貝保育等級評估及提出改善方案目標。

第二章 碑磔貝物種概述

碑磔貝此一詞包含了分類系統中雙殼貝綱（Bivalvia）、鳥尾蛤科（Cardiidae）、碑磔貝亞科（Tridacninae）下所有物種，根據 World Register of Marine Species（WoRMS，世界海洋物種資料庫）記錄，本亞科目目前包含了 2 屬 12 種物種（表一），臺灣碑磔貝的物種紀錄有六種（邵等，2008），分別為菱碑磔貝、鱗碑磔貝、圓碑磔貝、長碑磔貝、巨碑磔貝和扇碑磔貝，其中過去被認為是但長碑磔貝內有一隱蔽種，後續研究確認其為諾亞碑磔貝（*Tridacna noae*）（Su et al., 2014），所以加上諾亞碑磔貝，臺灣應有 7 種碑磔貝，各物種之分布如圖一所示。

碑磔貝以是否具有足絲孔與外套膜完全展開是否超過外殼邊緣，可分為具有足絲孔且外套膜可超過外殼邊緣的碑磔貝屬 *Tridacna*（圖二），及不具有足絲孔且外套膜不會超過外殼邊緣的碑磔貝屬 *Hippopus*。碑磔貝的物種鑑定及分類特徵包括外殼的放射肋數量、足絲孔大小、鱗片發達程度等，活體的外套膜的花紋、眼點排列方式等也是物種鑑定的依據，臺灣有記錄的碑磔貝物種之形態特徵如表二所示。以下針對這 7 種的外部形態加以介紹：

2.1 菱碑磔貝

菱碑磔貝（圖三）又稱 horse's hoof clam 或 strawberry clam，本種生活於珊瑚礁底質上，無足絲孔（圖四），不會分泌足絲將自己固定在底質上（Rosewater 1965），最大可達 50 公分（Mingoa-Licuanan & Gomez, 2007），呈三角形，殼上有明顯的放射肋，肋上有紅或褐色斑塊，外套膜底色有黃棕色或深咖啡色，上有細橫線條，外套膜完全展開不會超過外殼邊緣。

2.2 圓碑磔貝

圓碑磔貝（圖五）最大 15 公分（Rosewater 1965），本種部分或全部殼在珊瑚礁底質內，外殼放射肋上有鱗片，足絲孔長橢圓形（圖六），會

分泌足絲將自己固定在底質上外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有點狀或斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點密集，且外有一圈深或淺色花紋。

2.3 扇碑磔貝

扇碑磔貝（圖七）又稱 smooth giant clam，最大可達 60 公分（Lucas 1988），本種生活於珊瑚礁底質上，外殼放射肋不明顯，足絲孔小（圖八），外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜邊緣有一窄藍色條帶，上有眼點分布。

2.4 巨碑磔貝

巨碑磔貝（圖九），體長最大的個體有 137 公分長、230 公斤重（Rosewater 1965），最重的個體有 500 公斤、106 公分長（Lucas 1994），本種生活於珊瑚礁底質上，外殼放射肋非常明顯，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜邊緣有一窄藍色條帶，外套膜邊緣眼點稀疏，且外有一圈藍色花紋，幼貝時期足絲孔小（圖十），隨成長逐漸癒合（圖十一）。

2.5 長碑磔貝

長碑磔貝（圖十二）最大的記錄是 42 公分（Stasek 1965），本種部分或全部殼在珊瑚礁底質上，外殼外殼有 4-6 個放射肋，放射肋上有鱗片，足絲孔大（圖十三），會分泌足絲將自己固定在底質上，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有點狀或斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點密集。

2.6 諾亞碑磔貝

諾亞碑磔貝（圖十四）最大達 28 公分（Borsa et al. 2015），本種部分或全部殼在珊瑚礁底質上，外殼外殼有 5-7 個放射肋，放射肋上有鱗片，足絲孔大（圖十五），會分泌足絲將自己固定在底質上，外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有水滴狀花紋，外套膜邊緣之眼點不密集。

2.7 鱗碑磔貝

鱗碑磔貝（圖十六）又稱 fluted giant clam，最大達 43 公分（Hutsell et al. 1997），本種部分或全部殼在珊瑚礁底質上，外殼有 4-5 個放射肋，放射肋上有很發達的鱗片，足絲孔明顯（圖十七），外套膜底色有藍、綠、棕色，外套膜上有斑塊狀花紋，外套膜邊緣之眼點稀疏。

臺灣碑磔貝檢索表

檢索表是生物學上利用生物的形態特徵，協助辨識物種的一種工具。
以下檢索表提供臺灣有記錄的 7 個碑磔貝物種野外辨識依據。

1a 外套膜完全展開會超過殼緣-----2

1b 外套膜完全展開不會超過殼緣-----菱碑磔貝 *Hippopus hippopus*



1a



1b

2a 外套膜邊緣花紋為藍色細條帶-----扇碑磔貝 *Tridacna derasa*

2b 外套膜邊緣花紋非藍色細條帶-----3



2a

3a 外套膜邊緣花紋為水滴狀花紋-----諾亞碑磔貝 *Tridacna noae*

3b 外套膜邊緣花紋非水滴狀花紋-----4



3a

4a 外套膜邊緣眼點為稀疏藍色空心或實心圓點----巨碑礫貝 *Tridacna gigas*

4b 外套膜邊緣眼點非稀疏藍色空心或實心圓點-----5



4a

5a 外套膜邊緣眼點排列密集-----6

5b 外套膜邊緣眼點排列稀疏-----鱗碑礫貝 *Tridacna squamosa*



5b

6a 外套膜邊緣樣點有一圈深或淺色花紋-----圓碑礫貝 *Tridacna crocea*

6b 外套膜邊緣樣點沒有一圈深或淺色花紋-----長碑礫貝 *Tridacna maxima*



6a



6b

第三章 碑磔貝保育問題分析

3.1 臺灣周邊海域碑磔貝歷年之密度變化

依據歷年珊瑚礁體檢的資料，臺灣周邊海域碑磔貝的出現紀錄是以碑磔貝在一百平方公尺有幾隻的方式呈現，但臺灣碑磔亞科有 7 種，因此，以下的密度分析是碑磔亞科下所有物種的密度紀錄，此部分已蒐集近二十年的資料(2001 年至 2020 年缺 2006 年)，調查地點包含 6 個縣市 66 個調查地點，有本島及離島測站，如基隆嶼、蘭嶼、綠島、小琉球等共 87 個調查測站。臺灣北部測站位於基隆市以及新北市，大部分測站並未紀錄到碑磔貝的分佈，北部測站族群密度為每一百平方公尺 0 - 0.125 隻；東部的宜蘭、花蓮、臺東等三縣市碑磔貝密度為每一百平方公尺 0 - 1 隻；墾丁地區碑磔貝密度每一百平方公尺 0 - 2.65 隻；綠島調查 30 個測站，碑磔貝密度每一百平方公尺 0 - 11.2 隻；蘭嶼周邊 35 個調查測站碑磔貝密度每一百平方公尺 0 - 3.25 隻；小琉球則 21 個測站碑磔貝密度每一百平方公尺 0 - 1.5 隻；澎湖縣 109 個調查測站碑磔貝密度每一百平方公尺 0 - 5 隻。

本計畫於 2021 年調查臺灣本島及離島共 12 個測站，台東地區長碑磔貝的密度為每一百平方公尺 0.25 - 1 隻，諾亞碑磔貝 0 - 3.75 隻、鱗碑磔貝 1 隻；墾丁地區諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 - 0.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 - 2 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 - 0.8 隻；蘭嶼諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 - 1 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 1 - 1.6 隻；七美諾亞碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.6 - 1.6 隻，長碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 - 0.8 隻，鱗碑磔貝之密度為每一百平方公尺 0.2 隻。

整體而言，臺灣曾有 7 種碑磔貝紀錄，分別為菱碑磔貝、圓碑磔貝、扇碑磔貝、巨碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝、鱗碑磔貝，歷年碑磔貝分佈資料大多未敘明是何物種，類群密度為每一百平方公尺 0 - 11.2 隻；本計畫統整近三年文獻，5 種有觀察記錄，無扇碑磔貝與巨碑磔貝，本計畫 12 樣點調查觀察到 4 種，分別為圓碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝、鱗碑磔貝。

3.2 臺灣周邊海域碑磔貝之生存威脅

本計畫調查的碑磔貝普遍有成體比例偏低的情形，且其密度亦低，因缺乏定點長期之物種調查及體長資料，故族群數量之長期變化趨勢不易得知；臺灣對碑磔貝的天敵也少有研究，碑磔貝的掠食者有肉食性魚類、甲

殼類及螺類；此外，調查過程中也曾目擊民眾潛水採集碑礫貝，顯示碑礫貝仍有採捕壓力，加上棲地破壞、人為活動干擾如觀光、潛水、營養鹽輸入、有機物污染、微量金屬污染、沉積物覆蓋、氣候暖化引發碑礫貝白化，海洋酸化影響碑礫貝造殼及成長對碑礫貝的生存都有威脅，因此若無碑礫貝相關之研究調查、管理或保育措施，碑礫貝應有族群數量更快速下降的危機。

3.3 臺灣碑礫貝保育等級評估

雖然 IUCN 於 1997 年曾評估碑礫貝亞科下各物種的保育等級，但該評估報告是 25 年前的狀態，此外，碑礫亞科下的物種數也有改變，例如 Su et al., 2014 的研究將諾亞碑礫貝從長碑礫貝的隱蔽種中獨立出，但過往評估是把這兩種混為一談，故重新評估有其必要性。

本計畫以《IUCN 紅皮書類別及標準》(表三)及「海洋野生動物評估分類作業要點」(2020 年 5 月 27 日公佈)(表四)進行臺灣碑礫貝保育等級評估，這二種評估方式都是以碑礫貝野生族群狀態的存續性為主要考量標準，但族群狀態存續性評估需納入目標物種之族群密度、族群結構、基礎生物學資料(如生長速率、最小性成熟體長、生殖策略及季節、體長與生殖貢獻相關性及配子浮游期長短)等資訊方可進行評估，本評估已盡量納入現地資料進行分析，不足之處則引用相關文獻。

3.3.1 依《IUCN 紅皮書類別及標準》評估臺灣碑礫貝保育等級

依據《IUCN 紅皮書類別及標準》之 5 項評估標準(表三)，對臺灣 7 種碑礫貝進行保育等級評估，各物種詳細評估結果則如下所述：

菱碑礫貝於東沙的觀察紀錄為本種在臺灣最近期的觀察紀錄(Neo et al., 2016)，據此判定本種符合 IUCN 指標種類(A)快速族群下降之 CR: A2a (極危等級)(透過直接觀察得知物種減少已經發生，但造成減少的原因不明)(表?)。此外，菱碑礫貝族群現況也符合 IUCN 指標種類(D)非常小的族群之 CR: D1 (極危等級)(成熟個體數量應小於 50 隻)，因近期東沙的觀察紀錄為調查 3630 平方公尺僅 1 隻個體。

扇碑礫貝與巨碑礫除在邵等(2008)年曾被提及外，已多年未有觀察紀錄，因此判定其符合 IUCN 指標種類(D)非常小的族群之 CR: D1(極危等級)。

圓碑礫貝部分，本 2021 年的 12 個樣點僅有一次觀察紀錄，且體型小於文獻記載的最小性成熟體長(5 公分)，殼長僅 2 公分可能為幼貝。此

外，Yang et al., (2015)提及圓碑磔貝於綠島的密度約為每一百平方公尺 0.2 隻，平均殼長 6.9 公分。楊等人於 2018 年再次於綠島的調查紀錄提及有少量的圓碑磔貝，但未提及殼長與密度。據此推估圓碑磔貝族群雖小，但數量可能尚屬穩定，因此判定圓碑磔貝的保育等級為無危（least concern）。

本 2021 年的調查顯示長碑磔貝、諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝的族群量皆高於前述之四種碑磔貝。Yang et al., (2015)及楊等（2018）的研究結果也指出綠島的碑磔貝以這三種為主，族群密度介一百平方公尺 0.8 至 5.2 隻，因此這三種的族群量仍屬穩定，因此判定長碑磔貝、諾亞碑磔貝以及鱗碑磔貝的保育等級為無危（least concern）。

3.3.2 依「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級

依海洋保育署「海洋野生動物評估分類作業要點」對臺灣 7 種碑磔貝進行保育等級評估，本要點的評估標準包含：野生族群之變動趨勢、特有性、面臨威脅、國際保育現況等項目(表四)，每個評估標準最高為 5 分，最低分為 1 分，每個物種的保育狀態以總分判定，作業要點中建議總分高於 24 分以上，或評估項目中有四項以上分數為四分，或兩項（不含特有性）為五分，表示此物種生存已呈現危急狀態，則建議應列入保育類野生動物名錄。臺灣周邊海域的 7 種碑磔貝評估結果如表五，結果顯示菱碑磔貝、扇碑磔貝及巨碑磔貝的總分高於 24 分，建議將這三種碑磔貝列入保育類野生動物名錄中；圓碑磔貝、長碑磔貝、諾亞碑磔貝及鱗碑磔貝總分界於 18–21 分，其中以圓碑磔貝的分數為最高。

整體而言，依《IUCN 紅皮書類別及標準》或「海洋野生動物評估分類作業要點」評估臺灣碑磔貝保育等級，二者之結果相近，菱碑磔貝、扇碑磔貝、巨碑磔貝為 IUCN 極危(CR)等級，在海洋野生動物評估下則是菱碑磔貝、扇碑磔貝、巨碑磔貝需列入保育類野生動物狀態。由於臺灣碑磔貝基礎生物學的資料非常欠缺，除了諾亞碑磔貝和長車磔貝有生殖季及胚胎發育和稚貝成長研究，其它物種完全沒有資料，因此本評估無本土資訊時，則以其它地區的生物學資料納入分析，此為權宜作法，在解讀及衍伸本分析結果時必需將此變因納入考慮。

第四章 碑磔貝保育行動方案

臺灣周邊海域碑磔貝的生態與生物學基礎資料非常有限，若無正確的族群現況資訊據，保育工作難以開展。本保育方案的長期目標是需對臺灣海域碑磔貝之分布、棲地健康狀況及族群數量等進行系統性的研究調查，以確保其能生存於自然環境之中，以下就：(1)監測研究、(2)棲地維護及人為活動管理、(3)擴大教育宣導及參與量能，三大工作面向如分述如下，另將本章內容整理於表六。

4.1 調查、監測及研究

臺灣碑磔貝保育評估是以碑磔貝野生族群狀態的存續性為主要考量依據，但族群狀態存續性評估需納入目標物種之族群密度、族群結構、基礎生物學資料(如生長速率、最小性成熟體長、生殖策略及季節、體長與生殖貢獻相關性及配子浮游期長短)等資訊方可進行評估。臺灣碑磔貝從未有系統的進行各物種的分布及基礎生物學研究，除了諾亞碑磔貝和長碑磔貝有生殖季及胚胎發育和稚貝成長研究，其它物種完全沒有資料，因此評估保育等級時只能引用其它地區的生物學資料，若不開始建立本土資料，此問題永遠存在。以下為需進行之工作項目：

1. 科學性調查碑磔貝各物種之族群量、分布、生活史特徵等，以設定適合之管理措施。
2. 釐清碑磔貝族群量降低的影響因素，分析環境棲地、生物與生態學基礎數據，及採捕威脅等影響因子之衝擊程度，以利後續管理措施之設定。已知棲地破壞、人為活動干擾如觀光、潛水、營養鹽輸入、有機物汙染、微量金屬汙染、沉積物覆蓋、氣候暖化引發碑磔貝白化，海洋酸化影響碑磔貝造殼及成長均對碑磔貝的生存有威脅。
3. 加強碑磔貝人工繁養殖復育工作。碑磔貝人工繁養殖等復育相關工作在臺灣有超過二十年的經驗，農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心、海洋國家公園管理處、澎湖縣政府、臺東縣政府、中山大學宋克義教授在科技部的支持下也曾陸續投入，主要以諾亞碑磔貝與長碑磔貝為目標物種，但受寒害及病蟲害等問題影響，這二種仍無法提供野放復育所需，其它物種之繁殖工作也需要建立。
4. 建議參考本計畫保育等級評估結果；討論是否將碑渠貝危急物種列入我國「海洋保育類野生動物名錄」。
5. 建立專家諮詢小組

- (1). 不定期召開會議檢視調查成果，並滾動式檢討修正保育行動方案。
- (2). 盤點現行國內管理法規，討論補足之必要性及可行性。國內管理法規有漁業資源、保護區、國家公園管理等面向，需彙整並檢視各法規之管理目標、範圍及權限等。
- (3). 評估臺灣海域碑礫貝在氣候變遷下的影響及尋求對策。

4.2 棲地維護及人為活動管理

1. 成立碑礫貝保育專家小組。碑礫貝保育牽涉研究、調查及管理面向，需有各領域專家共同討論，擬定可行方案據以推動後續工作。
2. 成立保護區，需中央、地方政府與各權益關係人溝通協調，共同推動。保護區建立部分，建議先考慮目前已是漁業資源保護區或國家公園範圍內開始，以爭取時效性。
3. 加強查緝非法採捕碑礫貝情事。從發現非法採捕、通報、值勤，分屬不同單位執掌，需建立執行方式。

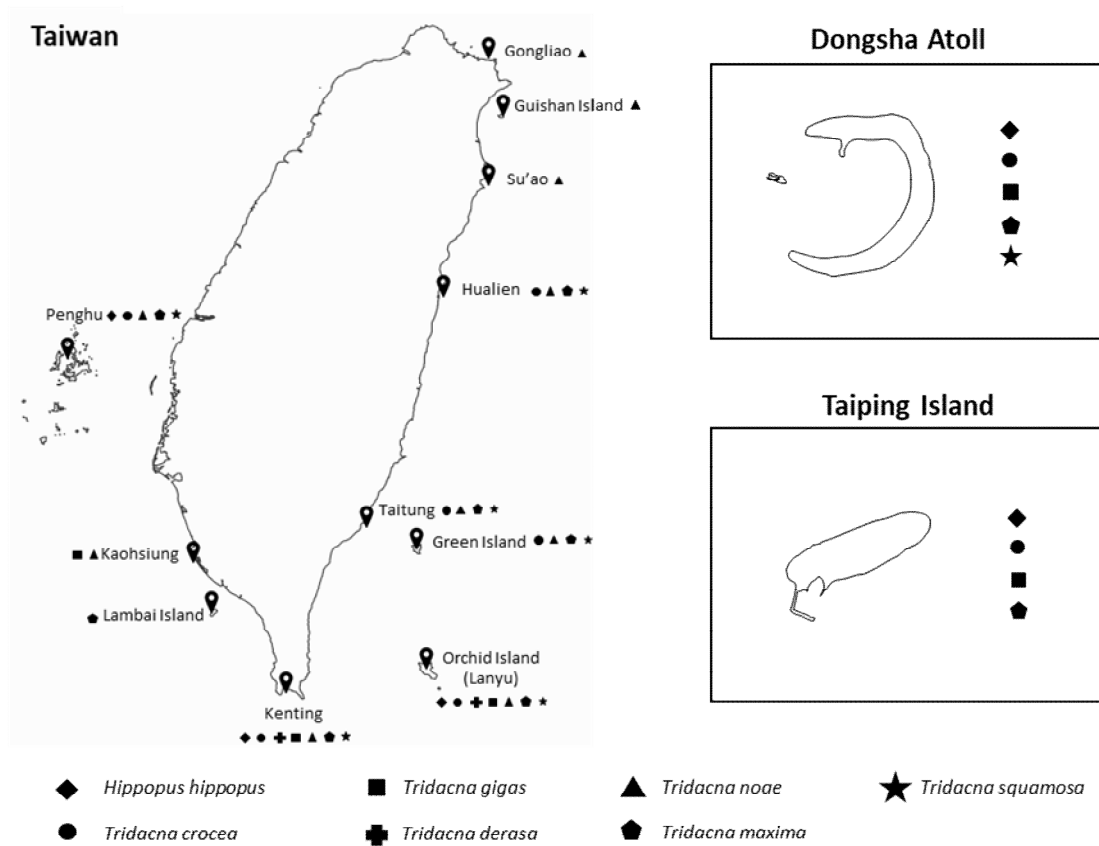
4.3 擴大教育宣導及參與量能

1. 推動碑礫貝保育教育宣導，設計教材、舉辦大眾宣導活動、並出版相關報告及出版品。
2. 培育碑礫貝調查與保育行動之專業人才，不定期舉辦人才培訓及增能工作坊。
3. 推動在地關係人參與調查、生態監測及教育宣導等保育工作，在居民生計與保護中取得經營管理之平衡。
4. 推動公民科學家觀察記錄工作與珊瑚礁體檢工作結合，或與民間團體合作，以利長期監測工作之推展。

參考文獻

- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲 2008 台灣物種多樣性 II.物種名錄，行政院農業委員會林務局出版，796。
- 楊清閔、陳高松、陳岳川、黃星翰、黃建智、吳龍靜 2018 臺灣綠島沿岸碑礫貝的分布密度特徵。水產研究, 26：43-51。
- Beckvar, N. 1981. Cultivation, spawning, and growth of the giant clams *Tridacna gigas*, *T. derasa*, and *T. squamosa* in Palau, Caroline Islands. *Aquaculture* 24: 21-30.

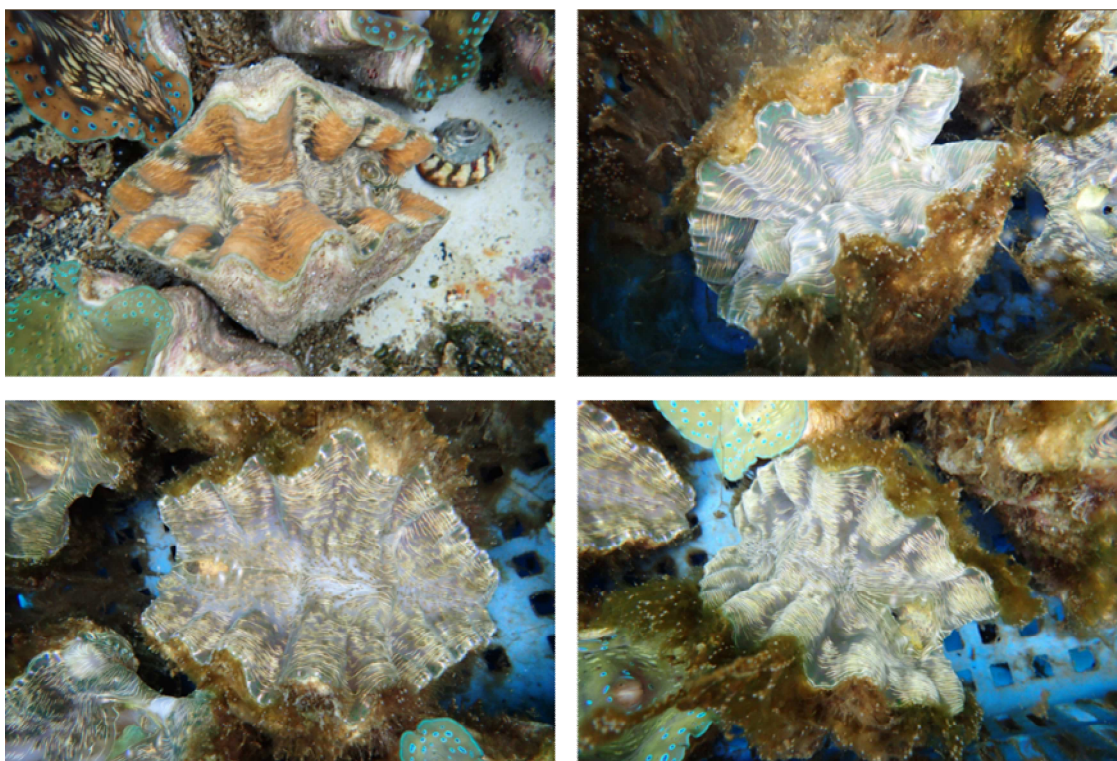
- Borsa, P., Fauvelot, C., Tiavouane, J., Grulois, D., Wabnitz, C., Abdon Naguit, M.R. & Andrefouet, S. 2015. Distribution of Noah's giant clam, *Tridacna noae*. Marine Biodiversity 45: 339–344.
- Hodgson, G., & Liebler, J. 2002. The global coral reef crisis: trends and solutions.
- Huang, D. & Todd, P. & Guest, J. 2007. Movement and aggregation in the fluted giant clam (*Tridacna squamosa* L.). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 342. 269-281. 10.1016/j.jembe.2006.10.051.
- Hutsell, K.C., Hutsell, L.L. & Pisor, D.L. 1997. Registry of World Record Size Shell. San Diego, California: Snail's Pace Productions.
- Lucas, J.S. 1988. Giant clams: description, distribution and life history. In Giant Clams in Asia and the Pacific, J.W. Copland & J.S. Lucas (eds). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 21-32.
- Lucas, J.S. 1994. The biology, exploitation, and mariculture of giant clams (*Tridacnidae*). Reviews in Fisheries Science 2: 181-223.
- Rosewater, J. 1965. The family Tridacnidae in the Indo-Pacific. Indo-Pacific Mollusca 1, 347-396.
- Su, Y., Hung, J.H., Kubo, H., Liu, L.L. 2014. *Tridacna noae* (Roding, 1798) - A valid giant clam species separated from *T.maxima* (Roding, 1798) by morphological and genetic data. The Raffles Bulletin of Zoology 62: 143-154.
- Stasek, C.R. 1965. Behavioural adaptation of the giant clam *Tridacna maxima* to the presence of grazing fishes. The Veliger 8: 29-35.
- Yang, C. M., Chen, Y. H., Chen, Y. C., Lai, C. C., Huang, H. H., Wu, L. J. 2015. A Preliminary Study of Distribution and Density of Giant Clams (*Tridacna* spp.) on Green Island, Taiwan. Journal of The Fisheries Society of Taiwan, 42(3): 145-155.



圖一. 臺灣碑磔貝有文獻紀錄之物種分布圖。*Hippopus hippopus*: 菱碑磔貝；*Tridacna gigas*: 巨碑磔貝；*Tridacna noae*: 諾亞碑磔貝；*Tridacna squamosa*: 鱗碑磔貝；*Tridacna crocea*: 圓碑磔貝；*Tridacna derasa*: 扇碑磔貝；*Tridacna maxima*: 長碑磔貝。



圖二. 砵磔貝屬 (*Tridacna*，上圖) 及 砵蠔貝屬 (*Hippopus*，下圖) 貝殼各部位名稱。砵磔貝屬 (右圖) 及 砵蠔貝 (左圖) 屬物種之外套膜完全展開會/不會超過殼緣。砵蠔貝屬樣本為菲律賓人工繁養殖個體。



圖三. 菱碑磔貝之形態及外觀。樣本來源：菲律賓人工繁殖個體



圖四. 菱碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



圖五. 圓碑磔貝之形態及外觀。



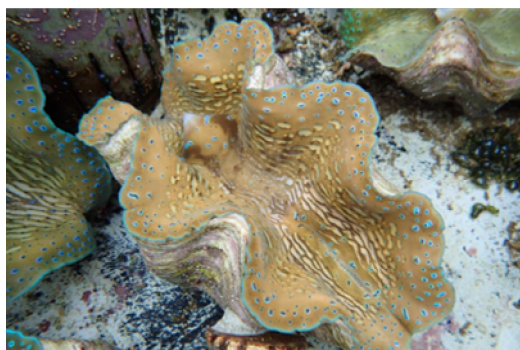
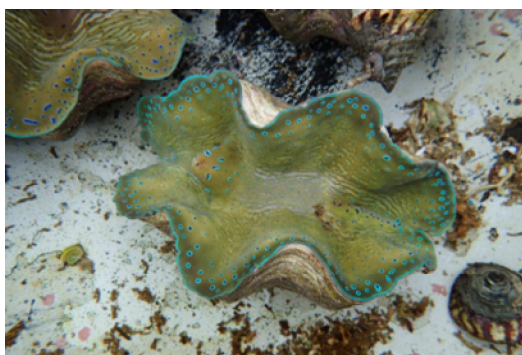
圖六. 圓碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



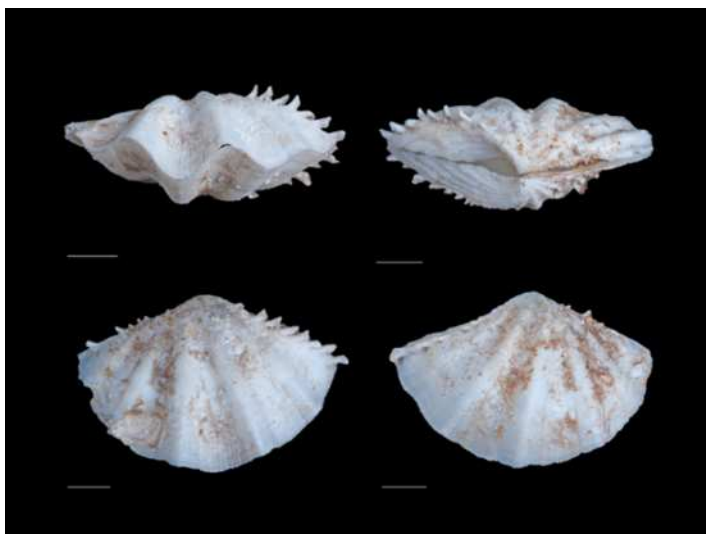
圖七. 扇碑礫貝之形態及外觀。 樣本來源:早期購自水族館



圖八. 扇碑礫貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



圖九. 巨碑磔貝之形態及外觀。 樣本來源:菲律賓人工繁殖個體



圖十. 巨碑磔貝幼貝貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



圖十一. 巨碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。



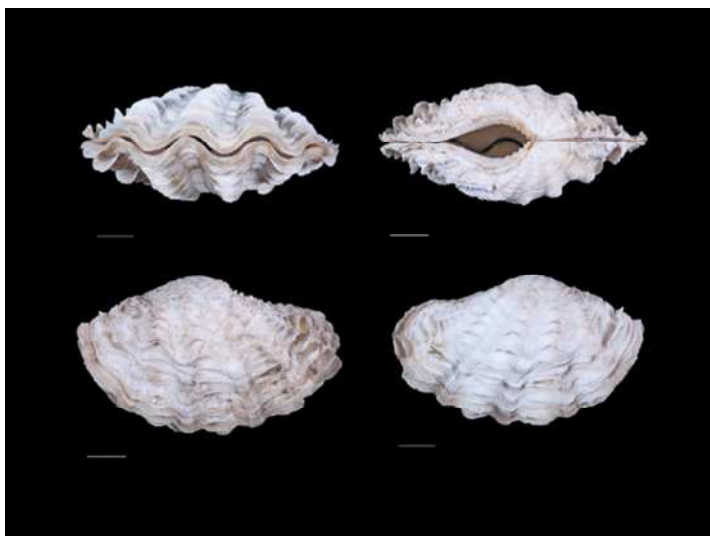
圖十二. 長碑礫貝之形態及外觀。



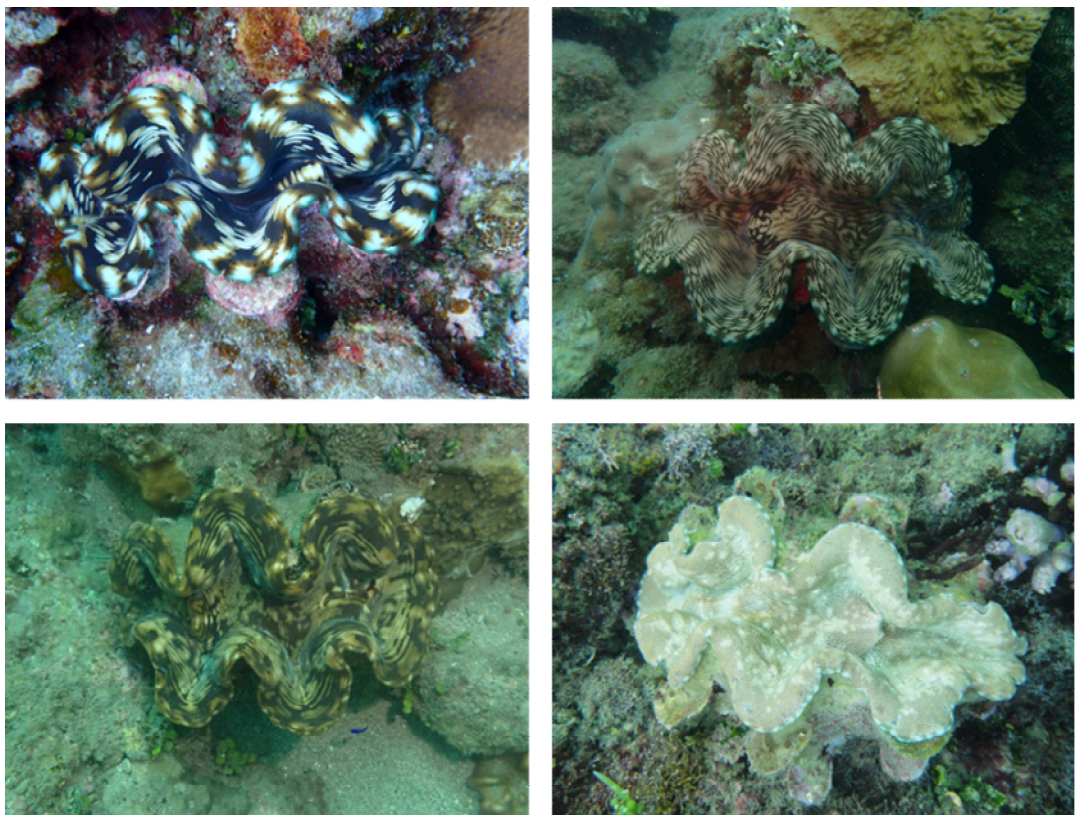
圖十三. 長碑礫貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



圖十四. 諾亞碑磔貝之形態及外觀。



圖十五. 諾亞碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 1 公分。



圖十六. 鱗碑磔貝之形態及外觀。



圖十七. 鱗碑磔貝殼之形態及外觀。比例尺為 5 公分。

表一. 全世界碑礫貝之現生種列表及國際保育等級。* 臺灣有記錄之物種。

學名	中文名	IUCN 紅皮書 / 最後評估時間	華盛頓公約	IUCN 紅皮書 (本計畫)
<i>Hippopus hippopus</i> (Linnaeus, 1758)*	菱碑礫貝	低危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Hippopus porcellanus</i> Rosewater 1982	瓷菱碑礫貝	無危		
<i>Tridacna crocea</i> Lamarck, 1819*	圓碑礫貝	無危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna derasa</i> (Röding, 1798)*	扇碑礫貝	易危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Tridacna elongatissima</i> Bianconi, 1856		無危		
<i>Tridacna gigas</i> (Linnaeus, 1758)*	巨碑礫貝	易危／1996	附錄二	CR (極危)
<i>Tridacna maxima</i> (Röding, 1798)*	長碑礫貝	低危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna mbalavuana</i> Ladd, 1934	魔鬼碑礫貝	低危／1996		
<i>Tridacna noae</i> (Röding, 1798)*	諾亞碑礫貝	低危／1996*	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna rosewateri</i> Sirenko and Scarlato 1991	羅氏碑礫貝	無危		
<i>Tridacna squamosa</i> Lamarck, 1819*	鱗碑礫貝	低危／1996	附錄二	LC (無危)
<i>Tridacna squamosina</i> Sturany 1899	似鱗碑礫貝	無危		

註：碑礫貝野外族群狀態評估完成於 1996 年，當時諾亞碑礫貝被視為長碑礫貝的同種異名物種，未被納入 IUCN 評估報告中，此處的等級是參照長碑礫貝的保育等級

表二. 臺灣碑磔貝記錄種之形態特徵表。

中文名	菱碑磔貝	圓碑磔貝	扇碑磔貝	巨碑磔貝	長碑磔貝	諾亞碑磔貝	鱗碑磔貝
最大殼長 (cm)	50	15	60	137	42	28	43
足絲孔	無	大	小	幼貝小， 成貝癒合	大	大	中等
棲息處	底質上	多於底質內	底質上	底質上	部分或全部於底 質上	部分或全部於底 質上	底質上
放射肋	8-12	4-5	無或不明顯	4-5	4-6	5-7	4-5
鱗片	不發達	發達或不發達	不發達	發達或不發達	通常發達	通常發達	大且發達
外套膜伸展	不超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣	超過殼緣
外套膜底色	綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕	藍、綠、棕
外套膜邊緣花紋	淡色細長條紋	點狀或斑塊狀花 紋	藍色細條帶	深色寬條帶	點狀或斑塊狀花 紋	水滴狀花紋	斑塊狀花紋
外套膜邊緣眼點	無	密集外有一圈深 或淺色花紋	排列鬆散	稀疏藍色空心或 實心圓點	排列密集	排列鬆散	排列稀疏

表三、 國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標一覽表。

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
A. 快速族群 下降	CR (極危) :	5. 根據 (且特別由於) 右項任何一種方式觀察、估計、推斷或者猜測得知物種減少已經發生，而造成減少的原因明顯是可逆、已知並且已經停止。	f. 直接觀察	A1a
	10 年或 3 代內 > 90%		g. 衡量物種豐富度指標	A1b
	EN (瀕危) :		h. 佔有面積、居留區的縮小和/或棲息環境質量下降	A1c
	10 年或 3 代內 > 70%		i. 被人實際或者潛在利用	A1d
	VU (易危) :		j. 受引進種、雜交種、疾病污染、競爭者或寄生者影響	A1e
	10 年或 3 代內 > 50%	6. 根據 (且特別由於) 右項任何一種方式觀察、估計、推斷或者猜測得知物種減少已經發生，而造成減少的原因仍未停止、不明或不可逆。	同 A1a-e	A2a
	CR (極危) :			A2b
	10 年或 3 代內 > 80%			A2c
	EN (瀕危) :			A2d
	10 年或 3 代內 > 50%			A2e
	VU (易危) :	10 年或 3 代內 > 20%		

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
		7. 根據（且特別由於）右項任何一種方式觀察、估計、推斷或懷疑物種未來近期內會下降。	同 A1a-e	A3a
				A3b
				A3c
				A3d
				A3e
		8. 根據（且特別由於）右項任何一種方式觀察、估計、推斷或懷疑物種從過去到未來任何一段期間會下降。	同 A1a-e	A4a
				A4b
				A4c
				A4d
				A4e
B.	3. 物種現存範圍估計	d. 嚴重片斷化或只有：		B1a
族群分布 侷限、碎裂 化、下降或 嚴重波動	CR（極危）：	CR（極危）：1 個居留區		
	< 100 km ²	EN（瀕危）：≤ 5 個居留區		
	EN（瀕危）：	VU（易危）：≤ 10 個居留區		
	< 5000 km ²			
	VU（易危）：			
	< 20000 km ²			

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
		e. 持續減少或下降 (經過右項 i-v 所列舉的任一方式觀察、估計、推論或懷疑而得)	vi. 分布範圍 vii. 佔有面積 viii. 棲地面積、範圍或品質 ix. 居留區或次族群數目 x. 成熟個體數量	B1b(i) B1b(ii) B1b(iii) B1b(iv) B1b(v)
		f. 右項 i-v 任何一種情況的劇烈變動	同 B1b(i-v)	B1c(i) B1c(ii) B1c(iii) B1c(iv) B1c(v)
4.	物種佔有面積估計	d. 同 B1 之 a		B2a
	CR (極危) :	e. 同 B1 之 b	同 B1b(i-v)	B2b
	< 10 km ²	f. 同 B1 之 c	同 B1b(i-v)	B2c
	EN (瀕危) :			
	< 500 km ²			
	VU (易危) :			
	< 2000 km ²			

[illegible]

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
				C2b
D1 非常小的 族群	成熟個體數量： CR（極危） ≤ 50 EN（瀕危） ≤ 250 VU（易危） ≤ 1000			D1
D2 分布受限 制	種群佔有面積 CR（極危） ≤ 20 km ²			D2
E 量化分析	滅絕的可能性： CR（極危）： 10 年或 3 代內 $> 50\%$ EN（瀕危）： 10 年或 3 代內 $> 20\%$ VU（易危）：			E

指標種類	主要指標	次要指標	方式	代碼
	10 年或 3 代內 > 10%			

註：引自台灣物種名錄：國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書受脅評估指標 - 表解物種受脅評估指標。

表四、 海洋保育署公告之”海洋野生動物評估分類作業要點”一覽表。

	分級	計分	描述性基準	量化基準
野生族群之分布趨勢	第一級	一	非常普遍	已有觀察、推論或預測顯示其族群我國周邊海域皆有分布
	第二級	二	普遍	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 4 個海域
	第三級	三	不普遍	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 3 個海域
	第四級	四	零星分布	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 2 個海域
	第五級	五	侷限分布	已有觀察、推論或預測顯示其目前族群分布於西北部、西南部、南部、東部及離島海域其中 1 個海域範圍，或僅剩單一 族群或其分布分散，族群之間有隔離之現象
野生族群之變動趨勢 - （一）野生族群趨勢	第一級	一	快速上升中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）的上升速率超過百分之二十者
	第二級	二	上升中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）有上升，其上升速率低於百分之二十者
	第三級	三	數量穩定	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）沒有明顯的變化

	分級	計分	描述性基準	量化基準
	第四級	四	下降中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）有減少，其減少速率低於百分之二十者或有非規律性振盪但振幅小於百分之三十者
	第五級	五	快速下降中	已有觀察、推論或預測顯示其族群量在十年或三代間（取時間較長者為準）的減少速率超過百分之二十者或有非規律性大幅振盪且振幅大於百分之三十者
野生族群之變動趨勢 - (二) 野生族群年齡結構	第一級	一	幼年或成年 個體非常多	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之三十以上者
	第二級	二	幼年或成年 個體多	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之十五以上而未達百分之三十
	第三級	三	幼年或成年 個體少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之十以上而未達百分之十五
	第四級	四	幼年或成年 個體稀少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群百分之五以上而未達百分之十
	第五級	五	幼年或成年 個體非常稀少	已有觀察、推論或顯示其目前成年個體數佔總族群未達百分之五
特有性	第一級	一	全球皆有分布	
	第二級	二	只分布在印度洋及太平洋	
	第三級	三	只分布在西北太平洋	

	分級	計分	描述性基準	量化基準
	第四級	四	為臺灣地區特有亞種	
	第五級	五	為臺灣地區特有種	
面臨威脅 - (一) 棲地面積縮小速率	第一級	一	幾無棲地面積縮小趨勢	
	第二級	二	棲地面積縮小趨勢輕微	
	第三級	三	棲地面積縮小趨勢嚴重	
	第四級	四	棲地面積縮小趨勢非常嚴重	
	第五級	五	棲地面積縮小趨勢極度嚴重	
面臨威脅 - (二) 被獵捕、誤捕及利用之壓力	第一級	一	幾無獵捕、誤捕及利用之壓力	
	第二級	二	被獵捕、誤捕及利用之壓力可能對其生存產生輕度影響或影響尚屬未知	
	第三級	三	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生中等程度影響	
	第四級	四	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生高度影響	
	第五級	五	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生嚴重影響	

分級	計分	描述性基準	量化基準
面臨威脅 - (三) 其他		該物種正遭受重大威脅(如：傳染病、族群遺傳基因有弱化情形等)，對族群量將造成重大影響，每具有一種，計分一分。	
國際保育現況 - (一) 世界自然保護聯盟 (IUCN)	一	列為近危(NT)、易危(VU)、瀕危(EN)等級	
	二	列為極危(CR)、野外滅絕(EW)、滅絕(EX)等級	
國際保育現況 - (二) 瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約 (CITES)	一	列為附錄二等級	
	二	列為附錄一等級	

表五. 碑磔貝依『海洋野生動物評估分類作業要點』評估保育等級一覽表。

評估條件	菱碑磔貝	圓碑磔貝	扇碑磔貝	巨碑磔貝	長碑磔貝	諾亞碑磔貝	鱗碑磔貝
野生族群之分布趨勢	計分：五 東沙環礁（1994, 2005, 2006, 2008, 2016年）與太平島（1994年）兩地早年有觀察記錄。 2016年東沙調查3630平方公尺有一隻的觀察記錄。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：五 依臺灣物種名錄，巫文隆(1980)，之後的野外調查皆無觀察紀錄。	計分：五 依臺灣物種名錄，林朝榮(1974)，之後的野外調查皆無觀察紀錄。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。	計分：三 觀察顯示族群分布於西北部、東部、南部以及離島海域。
野生族群之變動趨勢 - (一) 野生族群趨勢	計分：五 自2016年後無觀察記錄，因此推估其族群量快速下降中。	計分：四 無過去族群資料。 本（2021年）調查，僅在基翬淺水測站有觀察到一隻，其他測站皆無	計分：五 無文獻及無觀察記錄。 本（2021年）調查未見任何個體，因此預估其族群量為快速下降	計分：五 無文獻及無觀察記錄。 本（2021年）調查完全未見相關族群，因此預估其族群量為快速下	計分：四 無過去族群資料。 本（2021年）調查顯示所有測站皆以未性成熟個體為主	計分：四 無過去族群資料。 本（2021年）調查顯示所有的測站中以未性成熟個體為主	計分：四 無過去族群資料。 本（2021年）調查顯示85.7%的測站中以未性成熟個體為主

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
		記錄到，族群密度低，不利於維持族群穩定性。因此預估其族群量為下降中。	中。	降中。	(>50%)，其中 58.3% 的測站未記錄到成熟個體，因此預估其族群量為快速下降中。	(>50%)，其中 36.4% 的測站未記錄到成熟個體，因此預估其族群量為快速下降中。	(>50%)，其中 71.4% 的測站未記錄到成熟個體，因此預估其族群量為快速下降中。
野生族群之變動趨勢 - (二) 野生族群年齡結構	計分：五 2016 年後無相關記錄，因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分：五 本（2021 年）調查僅觀察到一隻個體，其體長小於最小性成熟體長 5 公分 ¹ ，因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分為：五 無觀察紀錄，因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分為：五 無觀察紀錄，因此判斷其為「幼年或成年個體非常稀少」。	計分：四 本（2021 年）調查 12 個測站，僅 8% 的個體達性成熟體長（13 公分 ¹ ）。	計分：三 本（2021 年）11 個測站有觀察記錄，僅 12% 的個體達性成熟體長（17 公分 ² ）。	計分：三 本（2021 年）在 7 個測站有觀察記錄，僅 13% 的個體達性成熟體長（19 公分 ¹ ）。
特有性	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。	計分：二 分布於印度洋及太平洋。

評估條件	菱碑礫貝	圓碑礫貝	扇碑礫貝	巨碑礫貝	長碑礫貝	諾亞碑礫貝	鱗碑礫貝
面臨威脅 - (一) 棲地面 積縮小速率	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。	計分：二 近年臺灣周 邊海域珊瑚 覆蓋率呈現 下降趨勢， 判斷為棲地 面積縮小趨 勢輕微。
面臨威脅 - (二) 被獵 捕、誤捕及利 用之壓力	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。	計分：三 定棲性或少 移動，缺乏 相關漁業資 料，不易評 估採捕壓 力。
面臨威脅 - (三) 其他	計分：一 體外受精物 種，低族群 密度，生殖 成功率降 低，族群數 量可能降 低。	計分：一 體外受精物 種，低族群 密度，生殖 成功率降 低，族群數 量可能降 低。	計分：一 體外受精物 種，低族群 密度，生殖 成功率降 低，族群數 量可能降 低。	計分：一 體外受精物 種，低族群 密度，生殖 成功率降 低，族群數 量可能降 低。	無	無	無

評估條件	菱磘磘貝	圓磘磘貝	扇磘磘貝	巨磘磘貝	長磘磘貝	諾亞磘磘貝	鱗磘磘貝
國際保育現況 - (一) 世界自然保護聯盟 (IUCN)	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Least Concern	計分：一 IUCN 判斷為易危 (VU)	計分：一 IUCN 判斷為易危 (VU)	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Conservation Dependent	計分：零 IUCN 無判斷資料	計分：零 IUCN 判斷為 Lower Risk / Conservation Dependent
國際保育現況 - (二) 瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約 (CITES)	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II	計分：一 CITES Appendices II
總分 3	二十四	二十一	二十五	二十五	十九	十八	十八
備註	建議列入保育類野生動物名錄。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	建議列入保育類野生動物名錄。	建議列入保育類野生動物名錄。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。	應研擬相關保育措施，以免族群量持續下降。

¹ 性成熟體長根據 Mingoa-Licuanan & Gomez (2007) 在菲律賓人工養殖孵育場所使用的體長，與臺灣之成長情形可能有所差異。

² 性成熟體長依據蘇，2014；Su et al., 2021 採集卵細胞所使用的體長。

³ 當評估項目中有四項以上分數為四分，或兩項（不含特有性）為五分，或總分超過二十四分以上時，表示此物種生存已呈現危急狀態

表六、臺灣碑礫貝保育行動方案表。

工作面向	保育行動
一、調查、監測及研究	
1. 科學性調查碑礫貝各物種之族群量、分布、生活史特徵等，以設定適合之管理措施。	
2. 釐清碑礫貝族群量降低的影響因素，分析環境棲地、生物與生態學基礎數據，及漁業威脅等影響因子之衝擊程度，以利後續管理措施之設定。	
3. 加強碑礫貝人工繁養殖復育工作	
4. 將碑渠貝危急物種列入我國「海洋保育類野生動物名錄」。	
5. 建立專家諮詢小組	
(1). 不定期召開會議檢視調查成果，並滾動式檢討修正保育行動方案。	
(2). 盤點現行國內管理法規，討論補足之必要性及可行性。	
(3). 評估臺灣海域碑礫貝在氣候變遷下的影響及尋求對策。	
二、棲地維護及人為活動管理	
1. 成立碑礫貝保育專家小組	
2. 成立保護區，需中央、地方政府與各權益關係人溝通協調，共同推動。	
3. 加強查緝違反野生動物保育法，非法採捕碑礫貝情事。	
三、擴大教育宣導及參與量能	
1. 推動碑礫貝保育教育宣導，設計教材、舉辦大眾宣導活動、並出版相關報告及出版品。	
2. 培育碑礫貝調查與保育行動之專業人才，不定期舉辦人才培訓及增能工作坊。	
3. 推動在地關係人參與調查、生態監測及教育宣導等保育工作，在居民生計與保護中取得經營管理之平衡。	
4. 推動公民科學家觀察記錄工作與珊瑚礁體檢工作結合，或與民間團體合作，以利長期監測工作之推展。	

