

三棘鬣保育計畫草案

Draft Conservation and Recovery Plan for Horseshoe Crab
(*Tachypleus tridentatus*)



海洋委員會海洋保育署



Ocean Conservation Administration, Ocean Affairs Council

111 年 04 月

目錄

圖目錄.....	III
表目錄.....	V
前言.....	1
縮寫.....	2
誌謝.....	3
摘要.....	4
第一章 物種介紹.....	5
第一節 物種簡介.....	5
第二節 臺灣族群分布.....	9
一、臺灣本島.....	10
二、金門.....	11
三、澎湖.....	15
第三節 保育及復育工作.....	19
第二章 生存威脅.....	21
第一節 棲地破壞.....	21
第二節 外來種入侵.....	23
第三節 漁業混獲.....	24
第四節 海水污染與海洋廢棄物.....	24
第五節 氣候變遷.....	25
第三章 保育行動.....	27
第一節 法令管理與執法.....	28
一、評估列入保育類動物.....	28

二、善用法令規範.....	30
第二節 管理措施.....	32
一、公告劃設鸞保護區，並有效管理.....	32
二、遏止三棘鸞及其產品的非法使用.....	32
第三節 調查與監測.....	33
一、族群與棲地監測.....	33
二、族群遺傳多樣性與遺傳結構.....	34
第四節 復育行動.....	35
一、復育.....	35
二、復育措施.....	36
第五節 保育教育宣導與在地參與.....	38
一、民間企業參與保育行動.....	38
二、保育教育.....	38
三、620 國際鸞保育日.....	39
參考文獻.....	43

圖目錄

圖 1 四種鰲的外型特徵.....	7
圖 2 公、母鰲的第 2、3 對附足型態之差異.....	8
圖 3 三棘鰲自然地理分布圖.....	8
圖 4 三棘鰲生活史.....	9
圖 5 2007-2014 年臺灣三棘鰲存續族群與成鰲捕獲地圖	10
圖 6 2017~2020 年臺灣 本島、澎湖、金門公民科學鰲通報分布	11
圖 7 2013~2020 年金門水試所成鰲收購來源地與數量、性比	12
圖 8 金門水試所歷年收購成鰲數量變動.....	13
圖 9 金門各地區定期調查平均稚鰲密度.....	15
圖 10 青螺濕地退潮時，最容易發現鰲的幼體地點分布.....	15
圖 11、2018 年 8 月 25 日在青螺濕地調查到不同體型大小的鰲:....	16
圖 12 2015~2017 年澎湖底刺網調查各地點鰲分佈與數量	16
圖 13 2015~2017 年澎湖底刺網調查各月份鰲數量及性別	17
圖 14 澎湖三棘鰲分布圖。上圖為歷年三棘鰲分布，下圖為 2021 年調查結果更新（楊明哲等 2021a）。	18
圖 15 亞洲鰲的生存威脅（a）主要威脅/少數威脅；（b）威脅持續時間	21
圖 16 嘉義縣好美寮國家級重要濕地與稚鰲分布區。箭頭為稚鰲分布地	

點。	22
圖 17 近年金門稚鰲棲地主要影響事件.....	23
圖 18 因廢棄漁網受困於潮間帶的成鰲。圖為 2018 年在金門發現的雌鰲，當時並未死亡，在剪網上藥後，送往金門水試所留置 2 個月死亡。	24
圖 19 2019 年澎湖死亡的三棘鰲成鰲消化道解剖取出的塑膠、漁網、保麗龍碎屑（硬幣用為比例尺）。上方為天然物質的食物殘渣。	25
圖 20 近兩年鰲試劑相關事件時間軸.....	33
圖 21 三棘鰲的生活史棲地需求示意圖（修改自 Hsieh and Chen 2015）	34
圖 22 三棘鰲遺傳多樣性（核苷酸歧異度 nucleotide diversity）。實心者為粒線體控制區間（mtCR）；空心者為細胞色素 c 氧化酶基因 I（COI）。	35
圖 23 臺灣三棘鰲收容中心與收容野放程序圖.....	36

表目錄

表 1 金門水試所歷年三棘鰲復育放流數量.....	19
表 2 三棘鰲保育發展課題.....	27
表 3 三棘鰲的保育類海洋野生動物評估分類.....	29
表 4 全國三棘鰲保育現有相關措施.....	31
表 5 臺灣鰲保育行動綱領.....	40

前言

三棘鰲 (*Tachypleus tridentatus*) 屬於(分類)，由於受到海岸開發破壞、食用、醫療試劑製造、漁業混獲、海水與海洋廢棄物污染等不同或複合因素，造成鰲族群數量衰退。鰲也因此被視為海岸泥灘溼地的健康指標物種及旗艦物種。2019 年國際自然保育聯盟 (IUCN) 評估顯示包括臺灣、日本、中國、香港、馬來西亞、越南、印尼，幾乎所有地區族群數量都呈衰退趨勢，棲地也遭受程度不等的破壞。因此被列入瀕危物種名單。

三棘鰲曾遍佈臺灣本島北海岸以及西海岸，目前僅剩澎湖跟金門有成鰲穩定上岸產卵紀錄，而捕獲成鰲的紀錄則零星分佈於臺灣西部。金門縣和澎湖縣目前較易觀察到稚鰲族群，而新竹香山、嘉義布袋和連江清水濕地僅有零星稚鰲出沒。

臺灣鰲的生態研究及保育工作係由中央研究院生物多樣性研究中心研究員陳章波和謝蕙蓮發起。1996 年起開始進行鰲生活史、棲地特徵與養殖的研究，並同時與金門縣水產試驗所共同推動金門三棘鰲的保育與復育工作。金門縣自 1997 年開始進行鰲資源調查與保育教育，並於 2000 年公告「金門古寧頭西北海域潮間帶鰲保育區」，由金門水試所進行人工復育計畫，但因經濟起飛海岸開發，導致成鰲產卵棲地縮減，稚鰲孵化率降低，造成金門鰲族群數量大幅衰減。

三棘鰲保育行動需要各方團隊參與，包括中央及地方政府機關、民間團體及學術單位等，從保育策略的擬定、執行至教育推廣，都仰賴跨部門且公私協力的配合。為此，海保署於 2020 年委託靜宜大學辦理「臺灣三棘鰲野外族群調查及保育策略計畫」，藉由 4 場次保育工作坊，彙整「保育政策」與「保育行動與保育教育」方向，草擬「臺灣三棘鰲保育計畫」。本保育計畫回顧臺灣海域三棘鰲已知的分布，列出三棘鰲所受到的主要威脅為撈捕壓力及棲地消失等，並提出提昇族群存續力、改善三棘鰲等保育行動及國際合作等可能方案，以健康棲地及穩定族群為目標，確保其存續。

縮寫

全名	縮寫
Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora／瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約（華盛頓公約）	CITES
International Union for Conservation of Nature and Natural Resources ／國際自然與自然資源保護聯盟（國際自然保護聯盟）	IUCN
野生動物保育法	野保法
海洋委員會海洋保育署	海保署
行政院農業委員會漁業署	漁業署
內政部營建署	營建署
衛生福利部食品藥物管理署	食藥署
經濟部國際貿易局	國貿局
行政院農業委員會特有生物研究保育中心	特生中心
國立海洋科技博物館	海科館

誌謝

中央研究院生物多樣性研究中心 陳章波研究員

中央研究院生物多樣性研究中心 謝蕙蓮研究員

靜宜大學 楊明哲博士

國立中山大學 張懿副教授

金門縣政府水產試驗所

連江縣政府

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

嘉義縣生態保育協會 蘇銀添總幹事

封面繪圖

海洋委員會海洋保育署金門海洋保育站 徐維駿站長

摘要

資源狀態

主要威脅來自棲地破壞、食用、醫療試劑製造、漁業混獲、海洋廢棄物污染等，面臨族群下降之狀況，IUCN 紅皮書列入瀕危物種，惟臺灣尚未將之列為保育類動物，

目標

維持族群數量穩定。

復育指標

- 1)產卵族群數量能掌握且穩定
- 2)稚鯊族群能夠穩定進而增加
- 3)國際合作保育

復育行動

- 1)減少漁業對三棘鯊的意外收穫。
- 2)確定並保護該物種的主要產卵和分布範圍
- 3)消除對三棘鯊產卵和覓食棲息地的不利影響。
- 4)通過教育和法律減少威脅。

第一章 物種介紹

第一節 物種簡介

全世界有四種蠶，美洲蠶 (*Limulus polyphemus*)、圓尾蠶 (*Carcinoscorpius rotundicauda*)、巨蠶 (*Tachypleus gigas*)、三棘蠶 (*Tachypleus tridentatus*) (圖 1)。臺灣海域分布僅有一種三棘蠶，其自然地理分佈於太平洋西岸，由北自南包含日本瀨戶內海、九州北部，沿中國浙江、福建、廣東、香港、廣西、海南；臺灣北部與西部沿岸、離島金門、澎湖、馬祖，越南以東部與北部沿海為主、菲律賓的巴拉望島海域；馬來西亞沙巴、沙勞越兩省，印尼四大島卡里曼丹（婆羅洲）北岸和東岸、爪哇島北岸以北、蘇拉威西、蘇門答臘印度洋東側的海域（圖 3）。相對於東南亞沿岸，三棘蠶在中國沿岸和日本九州海域的分布較廣，數量較多 (Laurie et al. 2019, Liao et al. 2019)。

三棘蠶(Tri-spine horseshoe crab)

學名：*Tachypleus tridentatus*

俗名：中華海怪,中華馬蹄蟹,東方蠶,小海蠶,中華蠶,中國蠶

分布範圍：分布於日本南方沿海及長江以南沿海，包括浙江寧波、福建、廣東、廣西、臺灣、香港及海南島沿海。

分類：動物界 Animalia、節肢動物門 Arthropoda、螯肢亞門 Chelicerata、肢口綱 Merostomata、劍尾目 Xiphosurida、蠶科 Limulidae、東方蠶屬 *Tachypleus*、三棘蠶 *T. tridentatus*

生物特徵：成年三棘蠶的總體長約 30-60 公分，雌蠶的體型較雄蠶大，外觀型態分為頭胸部、腹部以及劍尾等三部份，且各部之間透過類似關節的構造相連。頭胸甲略呈扁平的半圓形，與鐮蟲屬的三葉蟲頭部很像，前方中央有 2 個單眼，左右有大型的複眼，雄性的個體在前緣的左右兩邊各有 1 凹陷，雌蠶則無。背上有三排棘，因而得名。如同其它的節肢動物，蠶是以脫殼方式成長。一次脫殼可長大到約之前體型的 1.3 到 1.5 倍。蠶的卵於孵化前在卵膜

內就脫殼四次，脫殼至第四次時為回轉卵時期，在回轉卵此時的胚體已經長成像鰲的體形。在剛孵化出的第一齡期由其形態看，與成體的鰲很相似，只是還沒有尾劍。第二齡期其頭胸甲寬約為 9 mm，而在第一齡期時沒有的尾劍，在此時期也明顯的長出來。成熟前的鰲體，其外觀都一致，共有六對附肢，第一對附肢短小呈鉗狀，功能為把食物送進嘴裏；第六對呈蘭花狀；其餘四對皆為鉗狀。頭胸前沿呈圓弧狀、甲腹之側棘為六對。成熟後，雄性個體頭胸甲前緣為一凹陷處，且第二及第三對步足特化為鉤子狀，而雌鰲的頭胸甲前緣為圓弧狀，在步足方面與未成熟時一致；在腹節方面，雄鰲腹節背甲的緣棘為六對，雌鰲的腹節背甲緣棘為三對長的及三對短的，以免妨礙雄鰲的伏身擁抱；另外也可以從生殖屨內的生殖孔來判別雌雄。

成長：鰲卵約需 53 天孵化，依脫殼次數決定稚鰲的齡期，日本研究指出，一齡稚鰲在第一年不會脫殼，第二年脫殼三次，第三年脫殼 2 次，之後每年脫殼一次(佐藤及惣路，1993)。雄鰲要經過 13 年脫殼 16 次，雌鰲要經過 14 年脫殼 17 次方達到性成熟。鰲的壽命雖無定論，一般而言，野生的鰲大約可活 20 至 25 年之久 (Sekiguchi et al. 1988)。

食性：鰲為海洋底棲雜食性動物，生活在潮間帶的 6-11 齡稚鰲以底質中的昆蟲幼蟲（如搖蚊屬）、多毛類、幼蟹、薄殼雙殼貝以及端足類等無脊椎動物為主要的攝食對象。此外，稚鰲也會選擇有機碎屑、海藻和海草作為食物。

生殖：剛生下的鰲卵直徑約為 0.3 公分，卵色呈淡鵝黃色，孵化後的稚鰲會在高潮位線附近的泥灘地行底棲生活。稚鰲棲息於砂泥質淺水域，隨著齡期增加，棲息區位會逐漸移向外海，至 10 齡期上下就離開潮間帶到較深海域生活。在深海中經過數年成長，當達到成體時，雄鰲即會尋找雌鰲配對，到生殖季節時，固定游回到海邊產卵。冬天水溫較低時，則選擇待在較深的海域（20m 水深處），直到水溫回暖時再回到淺水域 (Hu et al., 2009)。繁殖季節時會出現於潮間帶，將卵產於砂中，一次產卵數約百顆，產卵季節為每年的 5~9 月，卵的最適孵化溫度為 28~31°C (Chen et al., 2004; Chiu and Morton 2004; Hu et al., 2009)。

族群數量：瀕危物種 (Endangered, EN)

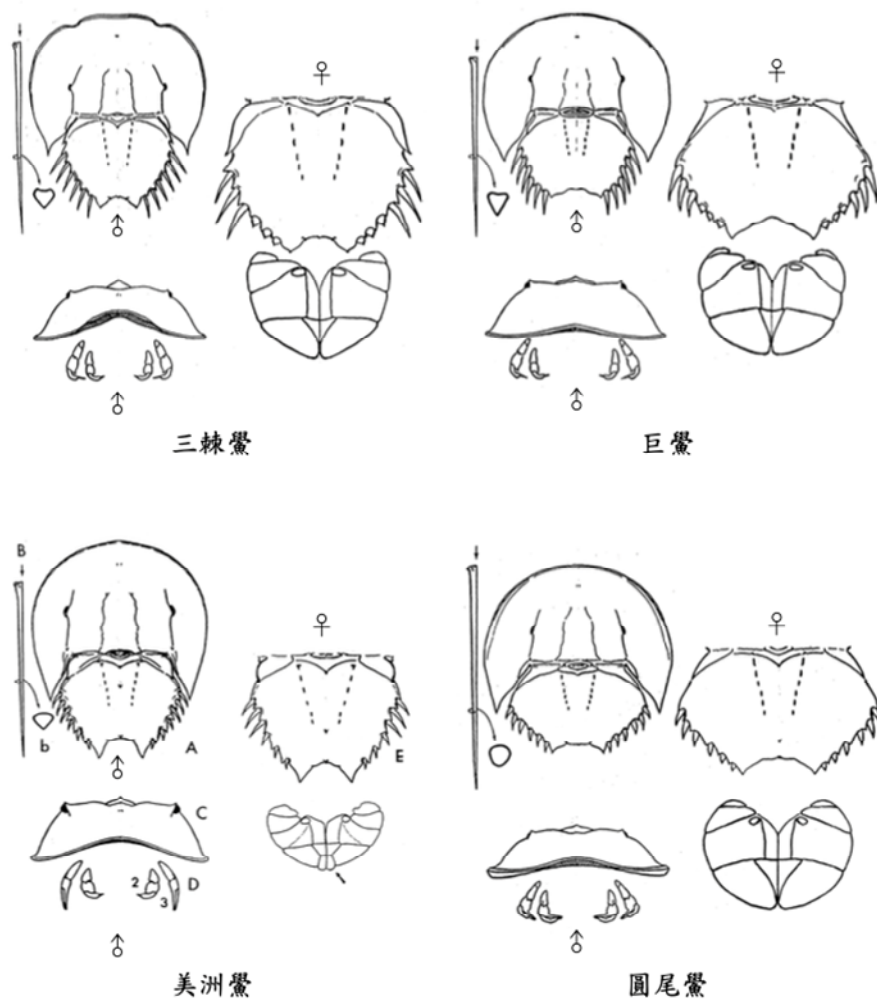


圖 1 四種蟹的外型特徵

說明：修改自 ERDG(1999)，三棘蟹雄蟹為六對刺（稚蟹皆為六對刺），雌蟹成熟後其腹甲為三對刺；雄蟹第二、三對步足在成熟後轉化為鉤狀，雌蟹與稚蟹皆為鉗狀。雄蟹頭胸甲前緣凹陷，雌蟹與雌蟹與稚蟹前緣皆為圓弧。

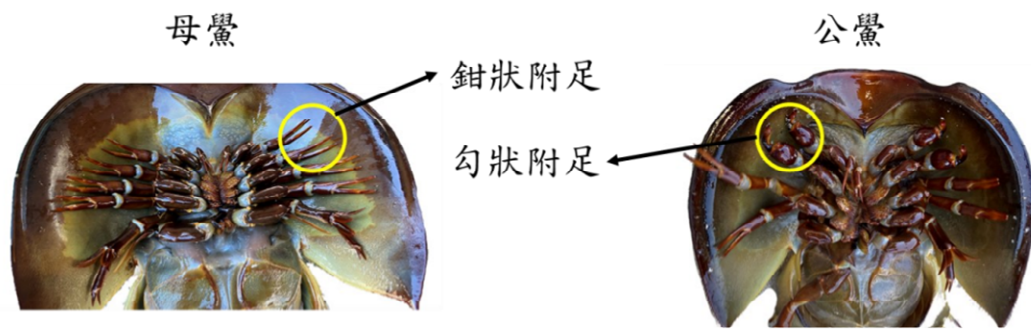


圖 2 公、母蟹的第 2、3 對附足型態之差異



圖 3 三棘蟹自然地理分布圖

資料來源：Laurie et al. 2019

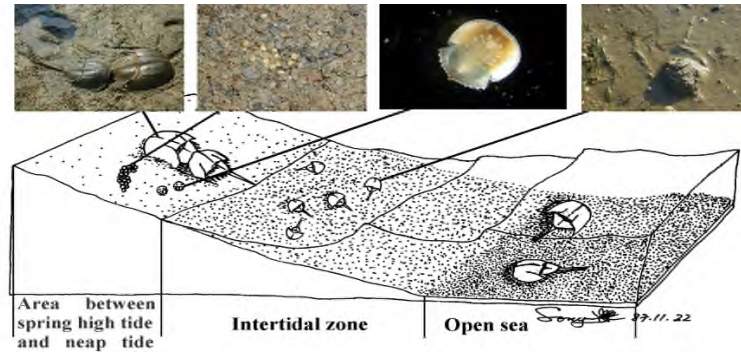


圖 4 三棘蟹生活史

由於蟹被捕捉抽血製成蟹試劑、食用、混獲、海洋污染、海岸破壞，造成族群衰退，幾乎所有地區的族群都呈現下降的趨勢 (Laurie et al. 2019)。美洲蟹 American Horseshoe Crab (*Limulus polyphemus*) 在 2016 年列入 IUCN 紅皮書易危物種 (Vulnerable, VU)，其他三種蟹資料不足 (Data Deficient, DD)，直到 2019 年 3 月，三棘蟹 Tri-spine Horseshoe Crab (*Tachypleus tridentatus*) 列入瀕危物種 (Endangered, EN)。值得注意的是，此一評估涵蓋全亞洲三棘蟹分布範圍，包括臺灣、日本、中國、香港、馬來西亞、越南、印尼。然而，目前均尚未列入 CITES。

第二節 臺灣族群分布

臺灣本島三棘蟹族群曾遍佈北海岸以及西海岸，目前成蟹僅零星分布，偶爾在北海岸與西海岸有捕獲或目擊紀錄。而稚蟹存續族群(viable population)目擊紀錄出現於金門和澎湖，新竹香山、嘉義布袋和馬祖僅有零星稚蟹出沒 (圖 5)。以下為各地三棘蟹近期目擊紀錄。

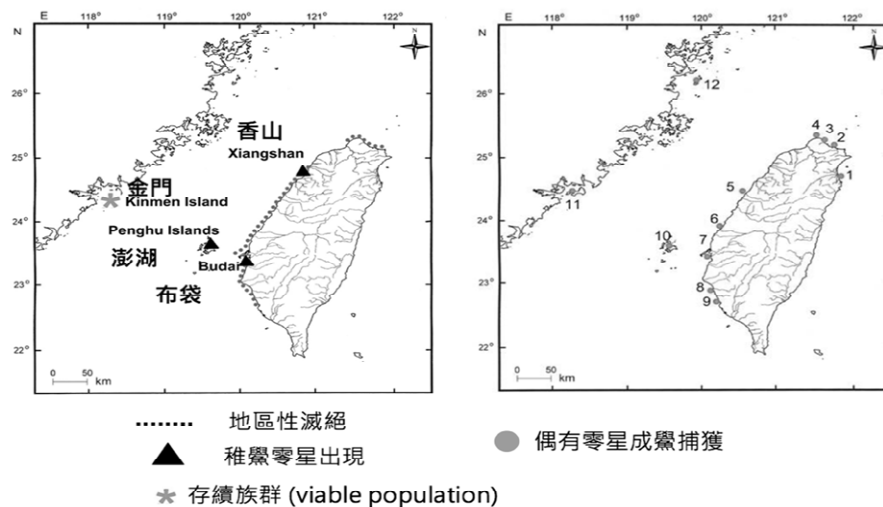


圖 5 2007-2014 年臺灣三棘鰲存續族群與成鰲捕獲地圖

資料來源：修改自 Hsieh and Chen (2015)

一、臺灣本島

臺灣本島的三棘鰲極少見，僅靠科學調查所能涵蓋範圍有限。為了擴大調查範圍與頻度，2019-2020 年透過「鰲公民科學通報調查」，邀請志工或一般民眾蒐集資料或通報鰲目擊照片（楊明哲 2020）。累計通報件數共 44 筆，數量雖少，不過出現新的紀錄點位，如新北市、桃園、新竹通報目擊成鰲，填補臺灣西海岸鰲不連續分佈的空缺 (gap)，證實臺灣西海岸由北至南鰲連續分佈的重要證據。較為特別的是，臺灣最南端珊瑚礁地形為主的墾丁於 2020 年 7 月 5 日有漁民捕獲 1 隻成雌鰲（圖 6）。而嘉義縣生態保育協會 110 年 4~8 月在布袋與東石收購漁民誤捕獲之 14 隻成鰲。

稚鰲方面，過去 20 年來，本島新竹市的香山國家級重要濕地曾記錄到，而嘉義縣布袋的好美寮國家級重要濕地近幾年皆有稚鰲調查記錄，但數量稀少。離島部分，連江縣清水濕地 2016 年 1 月及 11 月發現 4 隻稚鰲，從頭胸甲長推斷可能在前 2-3 年才入添至濕地內（邱郁文, 2016；謝宗宇及邱郁文, 2017；內政部營建署, 2019）。金門與澎湖則持續都有稚鰲紀錄，只是隨著經濟發展，適合稚鰲的棲地面積正逐漸減少。

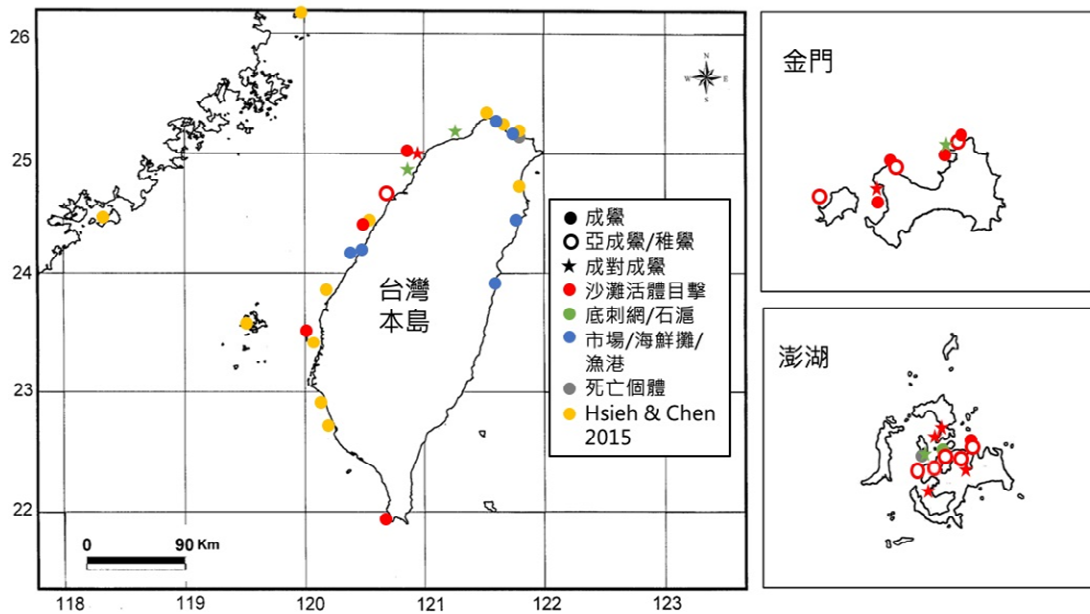


圖 6 2017~2020 年臺灣 本島、澎湖、金門公民科學鯊通報分布

說明：Hsieh and Chen (2015) 主要收集 2015 年之前歷年媒體報導。2019~2020 年 8 月期間收集民眾通報資料，事件溯及 2017 年(楊明哲 2020)

二、 金門

金門海岸為三棘鯊提供得天獨厚的棲地環境，其中沙灘、泥灘和淺海海溝三者連續性的分布構成三棘鯊生活史中必需的重要棲地。深度約 20-40 公尺的淺海海溝是亞成鯊和成鯊平常底棲的地點，根據海軍大氣海洋局的金門海域海圖(附錄 9；109 年報告)和金門水試所收購的成鯊記錄(表 6)，顯示金門水道、金廈水道、料羅近海和成功外海等四處是成鯊分布熱點。

早年金門因戰地任務，多數海岸線保留自然原貌，且有嚴格海岸軍事管制，使得鯊的族群較不受人為干擾。隨著近年軍管解禁、開放觀光及小三通的施行，出現大量海岸開發與觀光建設，進而對海岸潮間帶濕地環境造成影響，使鯊的族群量明顯減少(Hsieh and Chen, 2015；楊明哲等，2019)。以往隨處可見的成鯊，如今僅能偶爾捕獲，潮間帶地區母鯊上岸產卵的景象也相對減少。金門居民利用鯊的方式主要為食用。近年來，水頭商港興建完工及中國抽砂船在金門北部海域長期抽砂等結果，造成金門海岸線砂灘、鯊的產卵場與稚鯊棲地環境明顯變化，造成族群數量減少或消失。

金門針對成鯊的野外調查，只有 Hsieh and Chen (2015) 整理金門水試所曾在

2008 年 6 月底拖網抓到 12 隻鰲。金門縣水產試驗所（以下簡稱金門水試所）為了進行鰲的繁殖復育，於 1999 年起投入三棘鰲的復育與放流，並收購漁民誤捕或是刻意捕捉作為食用的成鰲，期望透過人工繁殖放流以增殖野外稚鰲族群，並於 2000 年設立金門縣水族教育展示館（2003 年更名「鰲生態文化館」），宣導鰲的科學知識與歷史文化，輔以實體成鰲的展示，引發社會大眾對鰲的保育動機。根據金門水試所鰲收購相關的資料，除 2007 年有紀錄最高峰外，2018 年為近十年來捕獲通報最高峰（圖 7、8）。

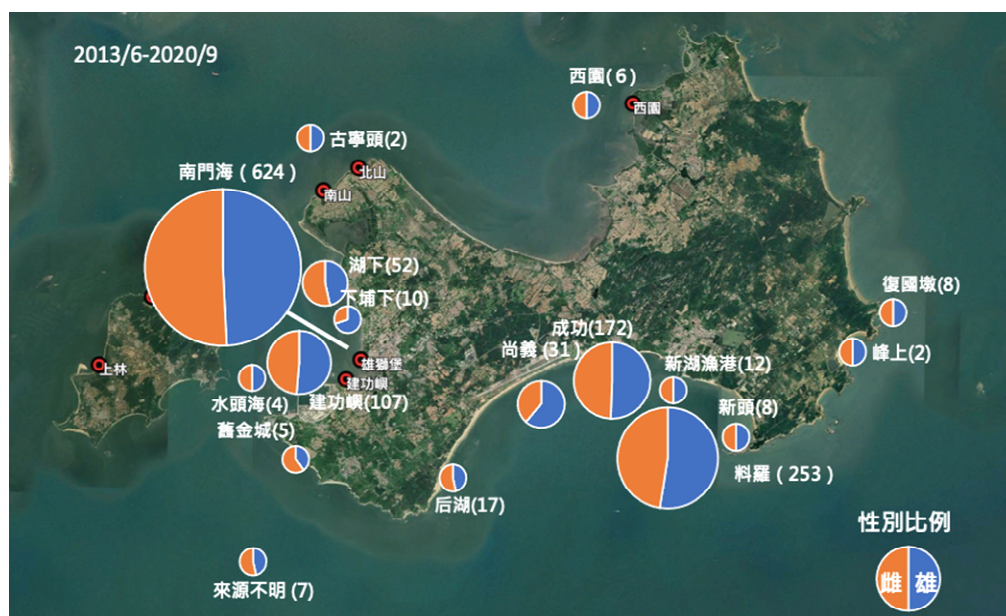


圖 7 2013~2020 年金門水試所成鰲收購來源地與數量、性比

說明：圓餅圖為收購數量，紅點為 2018 年稚鰲調查樣區（楊明哲等 2018；楊明哲 2020）。

表 6. 金門縣水產試驗所歷年種鯧之收購資料

	102-107 年 ^{註1}		108 年 ^{註2}		109 年 ^{註2}		110 年 ^{註2}	
地點	雄(隻)	雌(隻)	雄(隻)	雌(隻)	雄(隻)	雌(隻)	雄(隻)	雌(隻)
成功外海	43	42	26	27	35	22	18	17
湖下	13	15	10	10	8	8	5	6
建功嶼	39	37	10	11	2	2		
雄獅望南門海	258	266	18	18	37	33	36	28
后湖	5	6	2	2	2	2	2	2
塔山外海					1	1		
新湖漁港外	5	5			1	1		
尚義外海					20	13		
料羅	114	103	3	3	35	29	11	7
下埔下	7	3				1		
夏墅			1	1	4	4	9	9
前水頭			1	1	1	1		
慈湖					2	2		
埔後海邊					1	1		
金門城(舊金城)	2	3						
峰上	1	1						
復興墩	3	3						
新頭	2	2					1	1
未知	3	3						
西園			3	3			5	5
古崗海邊			2	2			7	7
歐厝			2	2				
合計(隻)	495	489	78	80	149	120	94	82

註 1：楊¹⁹

註 2：金門縣水產試驗所提供

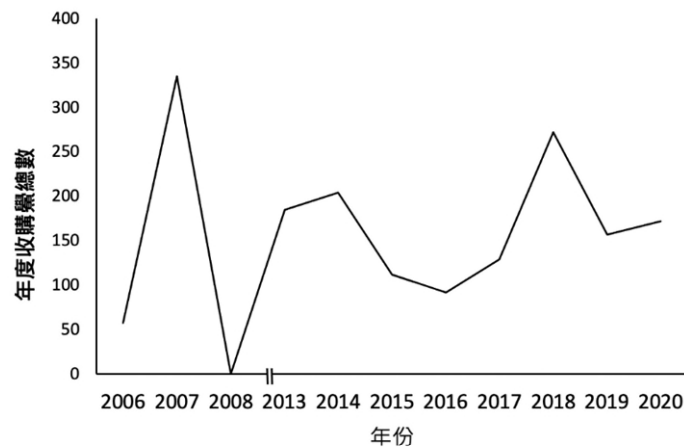


圖 8 金門水試所歷年收購成鯧數量變動

資料來源：金門水試所

其中以南門海（624 隻）來源的成鯧最多，依序為料羅灣（253 隻）和建功嶼（107）。2021 年金門三棘鯧收購數量待金門水試所整理中，不過在 10 月收購總數即已突破 800 隻成鯧。由於鄰近的廈門有鯧試劑公司會收購成鯧抽血，且民間長期有食用鯧的習慣，不排除有直送廈門的可能性。推測 2021 年兩岸小三通在新冠肺炎嚴格管制邊境，致使邊境近乎封閉的情況下，金門漁民捕抓的成鯧主要送往金門水試所，以致 2021 年與過去數量有如此數倍的差異。

為瞭解金門縣稚蟹族群量之變化，金門水試所持續監測潮間帶(北山、南山、西園、建功嶼、雄獅堡、上林與埔頭等 7 處)稚蟹之分布及棲地環境。近三年連續調查計畫顯示，金門縣之潮間帶中，以北山、建功嶼、雄獅堡、西園、上林等 5 處之稚蟹族群分布、數量與齡期結構持續變動。其餘潮間帶如南山、埔頭皆有棲地劣化之虞，埔頭潮間帶更是嚴重沙化，可能是因為金門縣政府推動水頭商港興建計畫，在 2010 年起於后豐海岸填海造港後，蟹棲地完全消失，而水頭商港直至 2021 年仍未完工，而鄰近的建功嶼稚蟹族群因棲地改變，族群量已大幅衰退(圖 9)。

另外，1998 年調查古寧頭潮間帶與后豐、水頭一帶棲地狀態良好，金門縣府於 2000 年以漁業法設立「金門縣古寧頭西北海域潮間帶蟹保育區」(陳章波與葉欣宜，2001)。然而，2010 年代開始，來自福建的抽砂船長期來回駐留金廈海域，抽海砂建構新機場與福建的沿海填海造陸，於是造成古寧頭海岸線沙灘侵蝕，使得成蟹產卵場更少。長期因淘洗砂石產生微細懸浮顆粒，造成稚蟹孵育場淤泥的現象，就更不適合金門北山、南山底棲生物和稚蟹的生存；加上金廈海域兩岸長期濫捕成蟹、外來種植物「互花米草」在部分稚蟹棲地繁生(主要為西園、浯江溪口、北山等地)，造成金門蟹族群數量大幅衰減(圖 9)(楊明哲與黃守忠，2017；楊明哲等，2019)。2021 年料羅港擴建工程，鄰近於金門成蟹分布第二多的料羅灣(圖 7)，是否有所影響，有待評估。而即將發包的馬山港工程，則鄰近稚蟹密度第三的西園潮間帶，未來可能造成海流變化、底質改變，使得稚蟹棲地劣化，需加強監測。

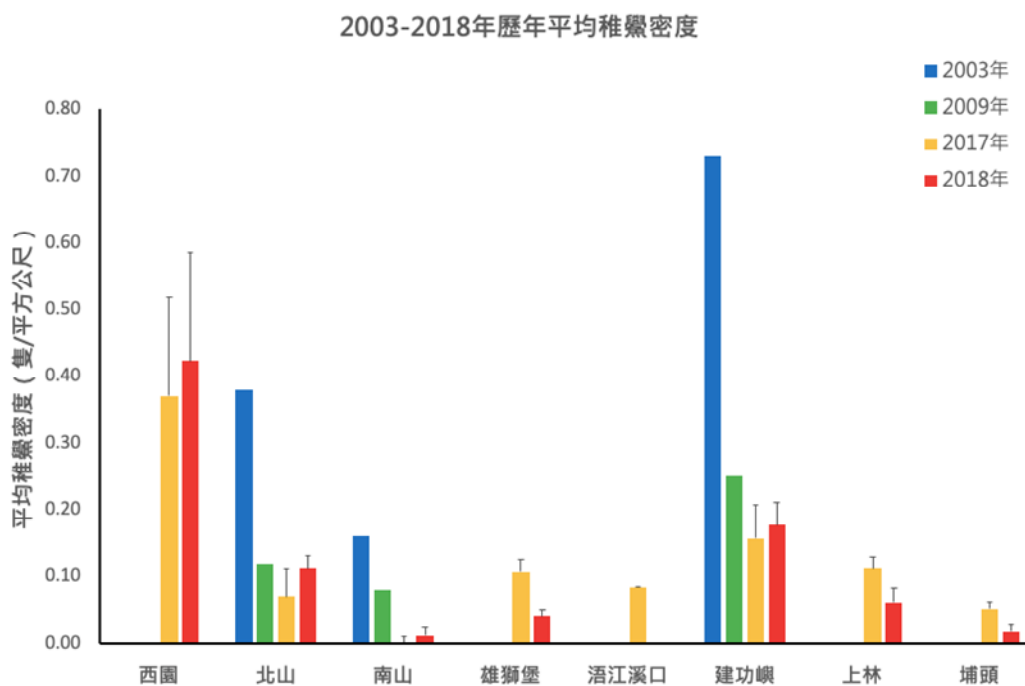


圖 9 金門各地區定期調查平均稚鸞密度

說明：2003、2009 年資料來自於金門水試所稚鸞調查，2017、2018 年資料來自於楊明哲與黃守忠（2017），楊明哲等（2018），兩者資料仍需標準化。

三、澎湖

澎湖青螺濕地是國內唯一鸞生存棲地保存狀況最佳，且最穩定的棲息地，對鸞的繁殖族群有非常重大的貢獻。在調查期間能在同一天內看到體型不同的鸞存在(圖 11)，推測青螺濕地可以提供不同時段鸞的繁殖，青螺濕地也是各式不同體型和不同齡鸞的幼體生長的重要棲地。



圖 10 青螺濕地退潮時，最容易發現鸞的幼體地點分布

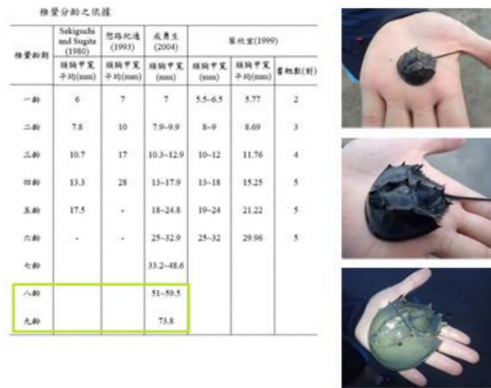


圖 11、2018 年 8 月 25 日在青螺濕地調查到不同體型大小的鰲：

七齡鰲(右上圖);九齡鰲(右中圖);13 齡鰲(右下圖)

澎湖海洋生物研究中心於 2015 年 2 月 26 日至 2017 年 10 月 16 日以單層底刺網進行大型底棲與底水層生物的調查。調查樣區位於澎湖內灣與馬公內海兩區域，澎湖內灣海域是指位在馬公、白沙及西嶼三大島中間的海域（圖 9），其面積約為 60 km²，為良好的海洋漁業資源生棲場所，也是沿近海漁船出入頻繁之處，調查樣區包括大倉、城前蚵坪、重光北、觀音亭等。馬公內海則為近封閉式海灣，有海二軍區、青灣、前寮、菜園等樣區。原始紙本資料記錄年為 2015 年及 2017 年，經整理後分析發現，在 2015~2017 年間調查發現 35 隻成鰲，大多位於澎湖內灣，有 24 隻佔總數的 68.6%（圖 10）。所有航次調查中，亞成鰲最多有 15 隻佔 42.9%，雄成鰲 12 隻佔 34.3%，雌成鰲 6 隻佔 17.1%（楊明哲 2020）。



圖 12 2015~2017 年澎湖底刺網調查各地點鰲分佈與數量

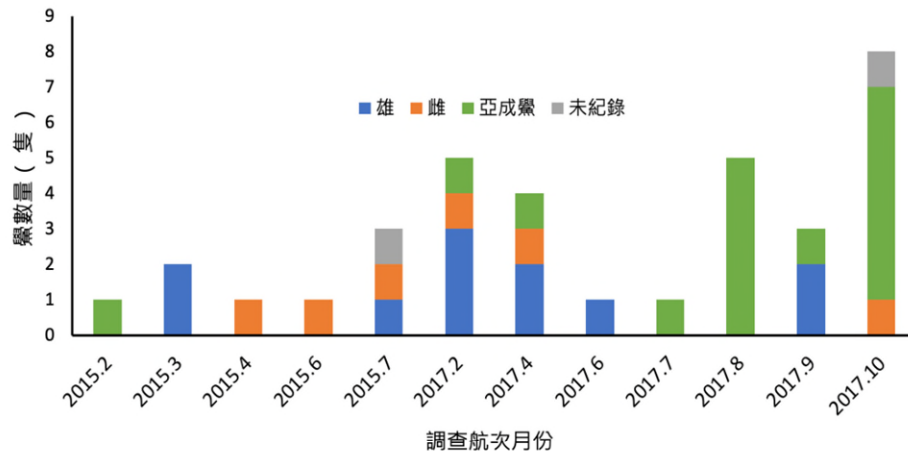


圖 13 2015~2017 年澎湖底刺網調查各月份鯨數量及性別

楊明哲與楊勝欽 (2021b) 4、7、9 月調查澎湖的安宅、潭邊、重光，發現澎湖稚鯨密度最高為 2021 年 7 月 23 日安宅 (0.2588 隻/ 100 m^2)，年均密度依序為安宅 (0.1333 隻/ 100 m^2) > 潭邊港外 (1047 隻/ 100 m^2) > 潭邊港內 (0.0201 隻/ 100 m^2) > 重光 (0.0183 隻/ 100 m^2)。標定放流法結果發現，以 7 月份稚鯨脫殼率較低，推估數量較為精準，安宅 147~157 隻，潭邊港外 72~80 隻，潭邊港內 6-11 隻、重光 21-29 隻。

澎湖三棘鯨稚鯨潛在分布地點調查分為 6、8 月兩期 (圖 13)，6 月調查地點為北寮、菜園、菜園港、鐵線、東衛、西衛港南、西衛港北、重光外、西衛澎科大、岐頭、後寮、鎮海等 12 個地點，共發現 153 隻稚鯨，每次耗時 55 分到 3 小時 35 分。其中僅西衛港南、西衛港北未發現稚鯨。8 月調查地點為東石、沙港、五德、前寮、井崙、竹灣、中屯港、中屯、瓦垵、講美、許家等 11 個地點，其中前寮、井崙、中屯、瓦垵、講美、許家等 6 個地點共發現 63 隻稚鯨。

環境因子中，東衛、西衛港北、重光外鹽度為極不尋常的 13‰、5‰、5‰，後兩者甚至接近淡水，當時附近有排水溝排放淡水，不過不確定是否長期排放淡水 (枯水期長度不明)。東衛稚鯨數量為所有調查地點中最高，達 41 隻。

澎湖各樣區稚鯨調查缺乏小於 5 齡稚鯨的原因 (僅有有安宅有 3 齡 1 隻與 4 齡稚鯨 2 隻)，有四種可能性：(1) 近年這些樣區缺乏新生稚鯨入添，依 5 齡養殖生長所需日數推算，約 2 年沒有新生稚鯨入添 (廖思涵，2011)，可能是成鯨數量減少或是產卵場劣化，造成產卵頻率或是機率降低；(2) 這些樣區皆不適合 4 齡以下的稚鯨生存，此需歷史紀錄來驗證，或是擴大調查範圍觀察小鯨。(3) 可能是距離產卵場較遠。根據過去金門調查經驗，1、2 齡稚鯨會在接近潛在產卵

場的沙灘與泥灘地交接處發現（黃守忠、楊明哲，2017），這與三棘鰲仔稚期本身幾乎不具浮游期有關，直接在沙灘中孵化後，藉由漲潮時的潮浪游泳到下方附近的泥灘。因此，越小齡期稚鰲應該越接近產卵場。(4) 觀察技術問題。雖然觀察人員有些為志工，不易觀察記錄到 5 齡以下的稚鰲；不過，過去研究人員楊明哲也曾在 2017-2018 年金門稚鰲調查過程多次目擊 1、2 齡稚鰲，2021 年鰲保育工作坊金門站的戶外環境教育活動也有在雄獅堡發現 2 齡稚鰲。但在本計畫中仍未於澎湖的定期調查過程發現 3 齡以下稚鰲，因此觀察技術因素影響不大。今年有民眾通報，在澎湖前寮港發現 1 齡稚鰲在游泳，以及在瓦桐的潛在稚鰲初步調查中發現 1 隻 2 齡稚鰲，相對在金門不難發現，但在澎湖是相當難得的紀錄。

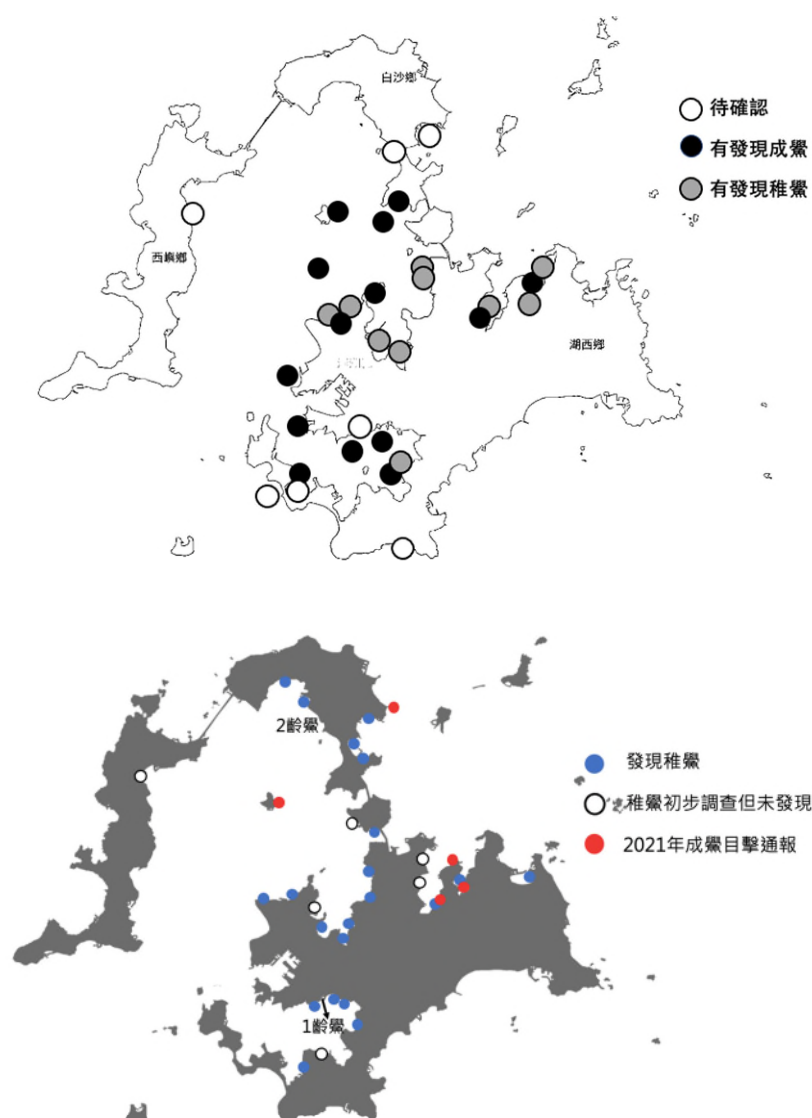


圖 14 澎湖三棘鰲分布圖。上圖為歷年三棘鰲分布，下圖為 2021 年調查結果更新（楊明哲等 2021a）。

澎湖成功漁港 2021 年 7 月 24 日調查發現 101 隻稚鯧，是澎湖各地歷年調查中數量最高。2021 年 3 月經當地居民在稚鯧調查樣區主動回報，發現正要到岸邊產卵的一對三棘鯧成鯧，此為相當珍貴的紀錄，證明此樣區為稚鯧棲地也是成鯧產卵場，也反映出社區民眾對於在地守護計畫了解與支持。

第三節 保育及復育工作

臺灣鯧的生態研究及保育工作係由中央研究院生物多樣性研究中心研究員陳章波和謝蕙蓮發起。1996 年起開始進行鯧生活史、棲地特徵與養殖的研究，並同時與金門縣水產試驗所共同推動金門三棘鯧的保育與復育工作。

目前全球唯一將鯧自卵養成至成鯧者，僅有日本，以及澎湖海洋生物研究中心，而後者仍現存 6 隻人工繁殖養成的成鯧，目前為世界紀錄中最多者。臺灣有二十年左右收容及繁養殖三棘鯧稚鯧經驗之單位有中央研究院生物多樣性中心陳章波研究員實驗室（已退休）、謝蕙蓮研究員實驗室（已退休），農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心、金門縣水產試驗所。國立海洋生物博物館、嘉義縣生態保育協會、國立海洋科技博物館也有鯧養殖經驗。金門水試所於 2001 年起便投入三棘鯧的復育，幾乎每年都有稚鯧與成鯧放流活動(表 1)，期望透過人為方式增殖野外稚鯧族群。

表 1 金門水試所歷年三棘鯧復育放流數量

年份	稚鯧數量	成鯧數量	備註
90		40	
91	30,000	40	
92	3,000	40	
93	80,000		
95	70,000		
97	350,000		
99	100,000	60	
100	100,000	60	
101	150,000	30	
102	20,000	6	嘉義布袋好美寮濕地放流
102	330,000		
103	65,000		

年份	稚鰲數量	成鰲數量	備註
104	140,000	36	
105			
106	60,000	10	
107			106 年成鰲成熟度不夠
108	150,000		
109	40,000	86	
110	300,000	336	
111	200,000	200	截 1110501 止

第二章 生存威脅

造成全球三棘鰲數量急速下滑的原因有四點：(一)棲地受到破壞或消失；(二)過度捕撈，作為食用和採血製備鰲血試劑；(三)海洋垃圾和汙染；(四)缺乏鰲保護意識及有效的保育策略。根據 IUCN 威脅分類架構 v.3.2，亞洲鰲面臨威脅有十項，包括人類入侵與干擾、居住與商業發展、農業與水產養殖、交通與服務廊道、生物資源利用、汙染、自然系統更動、入侵種或其他問題物種、氣候變遷、能源生產與挖礦(圖 12)(Wang et al. 2020)。國際自然保護聯盟(IUCN)於 2019 年將三棘鰲列入瀕危物種(Endangered species)。本節列出三棘鰲在臺灣面臨主要生存威脅，並將部分威脅，併為棲地破壞加以說明。

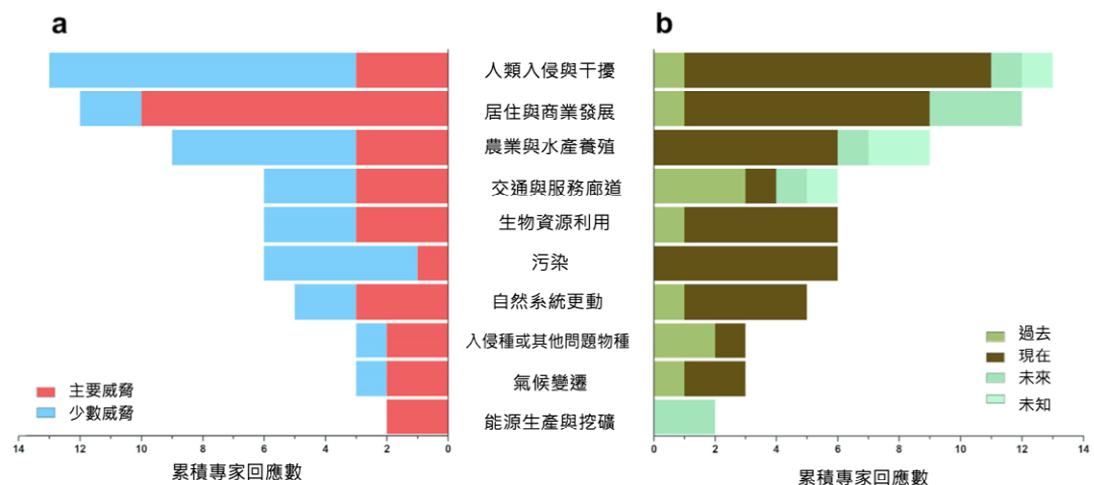


圖 15 亞洲鰲的生存威脅 (a) 主要威脅/少數威脅；(b) 威脅持續時間

說明：根據 IUCN 威脅分類 3.2，「填海造陸作為居住或商業用途」為最主要威脅，且大多數威脅正在進行中（修改自 Wang et al. 2020）。

第一節 棲地破壞

鰲棲地受到破壞，包含海岸填海造陸作為居住或商業用途、海岸防護工程(消坡塊、水泥堤岸)、港口興建、航道疏浚、海域抽砂、海岸農業與水產養殖等，不利於鰲的棲息與移動，或間接因海岸地形變化，造成產卵場與孵育場的消失或

衰退。其中，海岸填海造陸作為居住或商業用途，為亞洲三種鸕面臨的最主要且仍正在進行中的威脅 (Wang et al. 2020)。例如日本在 1968 年笠岡灣曾估計有 10 萬隻三棘鸕成鸕棲息，但在大規模填海造陸後，此地成鸕已大量消失 (Seino et al. 2003)。

臺灣本島西部海岸海岸人工化最為嚴重，多達 90% 以上為人工海岸，以有稚鸕分布的嘉義縣為例，2017 年僅存 5.24% 自然海岸 (內政部營建署, 2017)。布袋海岸除了好美寮沙洲外，幾乎都已是人工化海堤。歷年來有多重人為影響，導致沙洲、紅樹林、泥灘地面積與位置變遷。舉例而言，好美寮位於龍宮溪口，於 1998 年啟用的布袋商港將原有約 2 公里寬的河口縮小至約 200 公尺寬，導致河口淤積，影響河口內的好美寮紅樹林與泥灘潮間帶生態，加上周邊道路開發所影響 (圖 13)，導致鄰近海岸底質的改變。

地景變遷影響鸕的遷徙，龍宮溪河口的縮小也影響鸕的遷徙，由於河口內濕地並無成鸕產卵粒徑較大的沙灘。本區鸕於河口外的沙灘產卵孵化後，稚鸕再遷徙至河口內覓食。但是由於河口窄化，稚鸕能通行的機率變低。2005 年在好美寮的稚鸕生態調查，採集其中 14 隻稚鸕附肢肌肉 DNA，發現其粒線體 d-loop 片段基因型只有 1 種，說明所採集之稚鸕皆由同一雌鸕所產。一方面可能是能通過此河道的稚鸕數量少；另一方面可證明 2005 年時好美寮鸕族群即已衰退 (Yang et al. 2009)。



圖 16 嘉義縣好美寮國家級重要濕地與稚鸕分布區。箭頭為稚鸕分布地點。

金門海岸環境在近幾年有幾件重大開發影響事件（圖 14）。水頭商港開發，以及中國船隻在金厦海域抽砂，造成鸞的產卵場沙灘流失，稚鸞的生長地不利覓食，數據顯示鸞的平均密度下降 20%（吳民聰等 2020）。由於 20 年來持續進行水頭商港興建計畫，使得建功嶼海岸的稚鸞族群不斷衰退。從 2002 年統計至今，金門建功嶼稚鸞族群的密度只剩下原先的 20%（楊明哲 2020）。如今 2021 年還有東北方的馬山港規劃完畢準備發包，將持續破壞西園等重要稚鸞棲地。



圖 17 近年金門稚鸞棲地主要影響事件

全國海岸皆有類似海岸破壞的歷程，在澎湖成功社區透過耆老訪談顯示，1972 年成功水庫興建、1992 年成功漁港興建與航道疏濬以及 2004 年聯外道路興建，造成潮間帶生物族群消失，在地特色的地名稱呼「鸞穴」的產卵場因為棲地被道路切割而破壞。透過對於曾經有觀察紀錄的場域的探索，可以逐漸歸納出澎湖稚鸞棲地消失的歷程（楊明哲 等 2020）。

第二節 外來種入侵

「互花米草」原產地在美國東南部海岸，中國大陸於 1979 年引入上海崇明島，隨後因為物種自然拓殖，成為強勢入侵種，致破壞近海生物棲息環境、堵塞航道和影響海水交換能力，導致水質下降，不利灘地養殖的環境威脅，並會誘發赤潮，致使大片紅樹林消失，已名列世界 100 大入侵生物。

金門縣政府在 2007 年發現互花米草於浯江溪口隨著潮汐入侵後，委託農委會特有生物研究保育中心及荒野保護協會進行移除試驗與監控，其中以機械掩埋成效最高。近年來，金門北部海岸沿線的互花米草逐漸擴張，已經威脅到稚鸞密

度高的西園（圖 17）（楊明哲 等 2019）。金門縣府於 2014 年、2021 年陸續完成浯江溪口、官澳內堤與外堤、洋山、呂厝鶯山廟、西園、金沙溪等區域的互花米草移除作業。金門縣府指出，採用怪手移除的方式，雖會對潮間帶造成一定衝擊，但約 1 年的時間，即可恢復原來的生物相。

第三節 漁業混獲

臺灣三棘鰩捕獲成體紀錄來自漁業混獲，僅部分來自於繁殖季到岸邊產卵時漁民捕獲，使用漁法為底刺網或潮間帶的立竿網，捕獲成鰩或亞成鰩。金門 2013 年 6 月至 2020 年 8 月間向漁民或民眾收購成鰩 1,319 隻，主要來自於底刺網混獲（圖 7、8）（楊明哲 2020）。在繁殖期，成鰩會成對上岸產卵，而海岸有時會有架設底刺網，潮間帶會有立竿網，有時也有廢棄漁網造成成鰩受困，可能造成死亡（圖 18）。



圖 18 因廢棄漁網受困於潮間帶的成鰩。圖為 2018 年在金門發現的雌鰩，當時並未死亡，在剪網上藥後，送往金門水試所留置 2 個月死亡。

根據嘉義縣居民觀察，過往成鰩於布袋、東石一帶，漁業混獲出現的頻率在 2005 年前後約為每個月一對。之後捕獲頻率越來越低，近 5 年來，已低到一年僅捕獲 1~2 對（2018 年僅於外傘頂洲捕獲一對）。2019 年 12 月 15 日東石沿海有漁民捕獲一隻母鰩，於隔日野放回蚵棚區外海域。由於鰩僅為漁民混獲所得，為被動式捕獲，捕獲頻率降低代表整體族群量衰退（楊明哲與蘇銀添 2021）

第四節 海水污染與海洋廢棄物

鰩在胚胎時期對於海洋化學污染較為敏感，較容易影響發育，例如日本瀨戶內海由於海岸長期受工業污染，某些地點的鰩胚胎曾被發現有 42% 為畸形

(Botton, 2000; Botton et al., 1998; Itow et al., 1998)。Itow et al. (1998) 指出三丁基錫化合物(tributyltin, TBT)、汞、銅、鉻、和鋅會影響步足的再生(regeneration)。Botton (2000)指出長期暴露於銅與鉻，會對美洲鱉胚胎與幼生發育有負面影響。Itow (et al., 1998) 指出重金屬會使三棘鱉胚胎發育成畸形，影響程度為汞 Hg ≥ 有機錫 > 鉻 Cr (equals with falling dots) 鎘 Cd > 銅 Cu > 鉛 Pb > 錫 Zn。而有機化學聚合物多氯聯苯 (polychlorinated biphenyls, PCBs)、有機氯化合物 chlordane compounds, CHLs)、六氯環己烷 (Hexachlorocyclohexanes, HCHs)、滴滴涕 (dichlorodiphenyltrichloroethane, DDTs)、六氯苯 (hexachlorobenzene, HCB)等也被證實累積在日本博多灣等海域三棘鱉鱉卵中 (Kannan et al. 1995)。

海洋廢棄物對鱉影響的研究尚少，微塑膠被證實對於稚鱉生存有顯著影響，實驗發現，三棘鱉於含有微塑膠環境中生長，體重及頭胸寬度出現負增長。當生活環境含 PET，稚鱉死亡率高達 70%，為四組中最高。死亡率遠超對照組的 20%，及生活環境混有尼龍樣本組的約 30%。生活於 PET 樣本組的稚鱉，活動亦較不活躍 (Leung et al. 2021)。2019 年在澎湖曾發現一隻死亡成鱉，在解剖後發現消化道內有保麗龍、塑膠、漁網碎屑，但不確定其是否為死亡原因 (圖 19) (楊明哲 2020)。



圖 19 2019 年澎湖死亡的三棘鱉成鱉消化道解剖取出的塑膠、漁網、保麗龍碎屑 (硬幣用為比例尺)。上方為天然物質的食物殘渣。

第五節 氣候變遷

氣候變遷對於鱉不至於產生直接的威脅，但是加上海岸開發、海水污染的綜

合因素後，就會造成鯊的生存威脅。氣候變遷造成海水表面上升，會使鯊的產卵場受到海水浸泡的時間增加，會使沙灘內的鯊卵增加被真菌感染的風險。因為海水上升，原本高程較高的沙灘因人工海岸消失，也會造成海灘上鯊的產卵場區域直接限縮甚至消失。

氣候變遷造成的海水暖化，會讓海水中的氧氣變少，而原本長期缺氧的海洋區域又叫「海洋死區」。海域因陸源營養鹽過度輸出，造成海水優養化，加上海水溫度上升就會促使海洋死區擴張，加上人為影響就會對海洋生物的傷害更嚴重。2016 年曾約有 2000 隻鯊棲息在日本北九州市的曾根干潟，但是三棘鯊的死亡數量從 6 月底開始增加，7、8 月惡化，有時一天就發現 10 多隻鯊死亡。直到 2016 年 9 月共發現 490 隻成鯊死亡，相當於當年 20% 鯊的數量。雖然對於鯊大量死亡的原因眾說紛紜，但是曾根干潟海域早已被認定為「海洋死區」之一，而 2016 年更是 1880 年來史上最熱的一年，鯊可能因此難逃缺氧死亡(Takahashi, 2016)。

第三章 保育行動

棲地維護與保育物種同樣重要，保育三棘鰲的棲地，有助於保全整個海岸群聚，包括旗艦物種，及其他共存於此棲地的物種。以三棘鰲為旗艦物種族群的恢復，表示潮間帶生態系的恢復以及海岸自然資源的恢復。

願景 (Vision)

確保臺灣三棘鰲在自然環境內存續，保有自然的棲息地及族群的永續生存。

目標 (Goal)

減少或消除三棘鰲受到的威脅，提昇族群存續力。長期來說，是指該物種的族群動態資料顯示牠們在自然棲地可自我維繫。而且其自然分布的範圍既不是正在減少，也不是在可見的未來，將可能會減少，並且具有夠大的棲息地，以長期地持續維繫其族群。

發展課題(Objects)

依循 IUCN 物種存續委員會鰲專家群於 2019 年國際鰲保育與科學研討會共同發表的「北部灣宣言」，經 2021 年 6 月 19 日第一次臺灣鰲保育工作坊討論修訂後，三棘鰲保育行動課題架構如表 2：

表 2 三棘鰲保育發展課題

項目	發展課題
1	課題：立法與執法。 標的：適時制定、檢討與修訂三棘鰲保育相關的保育法規與政策，並儘速促成三棘鰲為保育類動物。
2	課題：科學調查與研究。 標的：提升三棘鰲保育研究能量，加強相關資訊的蒐集、公開、交流與應用。
3	課題：鰲資源的永續管理。 標的：依據相關法令遏止三棘鰲及其產品的非法使用。
4.	課題：劃設保護區並恢復鰲族群的永續 標的： 1.根據三棘鰲棲地特性與需求，公告劃設鰲保護區，並有效管理。 2.採取有效復育措施，維繫族群的永續。

5	課題：促進公眾參與及推動保育教育 標的： 1. 促成政府、民眾及權益關係人建立夥伴關係，共同參與鸞的保護 2. 建立獎勵制度，積極推動三棘鸞保育相關教育
6	課題：「國際鸞保育日」 標的： 1. 規劃及推動 6 月 20 日國際鸞保育日課題性活動，喚起國內對鸞的保育意識 2. 促進國內外鸞保育行動的交流與合作

根據臺灣三棘鸞族群及棲地現況，以及上述 6 個課題，經由 2021 年四場臺灣鸞保育工作坊基隆（線上）場、澎湖場、金門場、以及嘉義場的地方意見，整合提出三棘鸞的短(1-2 年)、中(3-5 年)、長期(6 年以上)保育行動（表 5）。

第一節 法令管理與執法

標的：適時制定、檢討與修訂三棘鸞保育相關的保育法規與政策，並評估三棘鸞列入保育類動物。

一、 評估列入保育類動物

依據 2020 年 5 月 27 日公告之「海洋野生動物評估分類作業要點」，評估臺灣地區原生種三棘鸞族群評估（表 3），從野生族群之分布趨勢、變動趨勢、特有性、面臨的威脅及國際保育現況等進行評分，三棘鸞已達列入保育類物種基準的 25 分，將適時提報海洋保育類野生動物諮詢委員會研商是否納入保育類動物。

表 3 三棘鰲的保育類海洋野生動物評估分類

項目	分級	計分	描述性基準	量化基準	說明
一		野生族群之分布趨勢			
	三	3	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	目前分布範圍為臺灣本島西北部、西南部、離島金門縣及澎湖縣
二	野生族群之變動趨勢				
(一)	野生族群趨勢				
	五	5	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	金門族群資訊較為充足，亦有此趨勢
(二)	野生族群年齡結構				
	四	4	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	依據國內稚鰲與成鰲族群調查紀錄，稚鰲明顯遠高於成鰲。
三	特有性				
	二	2	只分布在印度洋及太平洋		目前自然分布範圍以西太平洋為主，印度洋僅分布小族群於蘇門答臘島西岸

項目	分級	計分	描述性基準	量化基準	說明
四	面臨威脅				
(一)	棲地面積縮小趨勢				
	四	4	棲地面積縮小趨勢非常嚴重		本島原遍及西海岸的族群，目前僅剩布袋和香山有稚鸞族群
(二)	被獵捕、誤捕及利用之壓力				
	四	4	被獵捕、誤捕及利用之壓力對其生存產生高度程度影響		金門成鸞誤捕量最高的西海岸，已經嚴重影響當地稚鸞族群
(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。				
		1	族群基因弱化		布袋族群無遺傳多樣性、澎湖族群基因弱化
五	國際保育現況				
(一)	該物種於世界自然保護聯盟 IUCN) 之分類等級				
		1		列為近危(NT)、易危(VU)、瀕危(EN)等級，計分一分。	瀕危(EN)等級
(二)	該物種於瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約 (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora , CITES) 之分類等級				
		0			
(三)	該物種有其它國內外保育規範或規定者 (如：禁止捕撈等) ，計分一分。				
		1			連江縣全縣禁捕、金門縣設置三棘鸞保育區
總分	25				

附表使用原則：（一）附表所稱族群皆指臺灣地區族群。（二）野生動物物種依野生族群之分布趨勢、野生族群之變動趨勢、特有性、面臨 威脅及國際保育現況等五項條件綜合評估。（三）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。（四）資料缺乏以三分計。

二、 善用法令規範

目前三棘鸞保育措施為表3。連江縣根據《漁業法》第9條，規定連江縣海域轄區內三棘鸞大小一律禁捕，並以《漁業法》第65條第6款為罰則，違反規定處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰金。

針對目前各縣市三棘鰲相關保育行動綱領，包含推動措施與建議列於表 5，以作為中短長期保育策略的指引。

表 4 全國三棘鰲保育現有相關措施

	濕地保育法	漁業法	成稚鰲標誌放流	調查	概況補充
金門		古寧頭西北海域三棘鰲保育區	2000~2022 年	2013~2022 年 每年稚鰲調查	保育區禁止蓄意捕撈
澎湖	青螺國家級重要濕地	澎湖縣三棘鰲資源管理有關限制事宜	2020 年放流稚鰲 500 尾	1.2015-2017 進行水生生物調查時，於澎湖內灣和馬公內海捕獲 35 隻成鰲 2.2020-2021 年進行青螺濕地稚鰲調查 3.2020-2021 年成功社區進行稚鰲調查	1.澎湖海洋生物研究中心持續進行三棘鰲繁養殖計畫 2.湖西鄉各灣澳及部分馬公潮間帶泥沙底質灣澳均有稚鰲出現紀錄，以成功、安宅、青螺族群穩定 3.澎湖縣轄海域自 111 年 3 月 4 日全年禁止採捕三棘鰲 4.青螺濕地禁止流刺網、立竿網
嘉義	好美寮國家級重要濕地	-	2021 年孵化 600 隻稚鰲	2005、2019、2021 年稚鰲調查	1.嘉義縣政府自 2012 年起在布袋鹽田濕地進行三棘鰲的復育，並在新岑國小內建構「小鰲中間育成及成鰲飼育場」 2.核心保護區/生態護育區
北海岸	-	-	-	-	成鰲常被捕捉做為宗教放生
新竹	香山國家級重要濕地	-	-	2015、2017 年	1.數量稀少且不明 2.2014 及 2015 年漁民有捕獲成鰲紀錄、2017、2019 及 2020 年有稚鰲的目擊記錄
連江	清水國家級重要濕地	全縣禁止捕捉大小鰲	-	2015、2016 年基礎調查	1.縣區鰲極稀少 2015、2016 年有稚鰲調查記錄

第二節 管理措施

標的：

- 1.根據三棘鰲棲地特性與需求，公告劃設鰲保護區，並有效管理。
- 2.依據相關法令遏止三棘鰲及其產品的非法使用。

一、 公告劃設鰲保護區，並有效管理

金門縣政府以《漁業法》第9條於2000年府建漁字第10400182731號劃設「金門古寧頭西北海域潮間帶三棘鰲保育區」。限制事項：(1)全年禁止於保育區範圍內採捕鰲或從事破壞其棲息地環境之行為。(2)如須於保育區內投放或除去水產生物繁殖上所需之保護物或進行學術之研究，需經本府書面同意後始可為之。(3)凡違反本公告事項規定者，依漁業法第六十五條第六款規定處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰鍰。除此之外，其他縣市並無保育(護)三棘鰲的措施。

在《濕地保育法》劃設的重要濕地中，新竹市的香山(國家級)重要濕地、嘉義縣好美寮(國家級)重要濕地、連江縣清水(國家級)重要濕地、澎湖縣青螺(國家級)重要濕地以及菜園(地方級)重要濕地都有發現稚鰲，證明重要濕地的禁止海岸開發、污水防治、管制遊客行為以降低人為干擾等管理措施，對於維護三棘鰲棲地有正面的功能。

二、 遏止三棘鰲及其產品的非法使用

鰲為人類利用主要用途分為早期的肥料、廚具如鰲殼仔(鍋鏟)和鰲稀(水杓)，人類食用、動物飼料、中醫藥用、漁業餌料，以及目前最重要的用途-醫藥試劑(圖20)。國際間最大宗的三棘鰲採捕消耗，主要是製為鰲試劑(TAL)，考量目前三棘鰲並非保育類物種，該利用並無違法。然國內因為鰲族群不足，目前沒有鰲試劑產業，不致因此造成傷害。

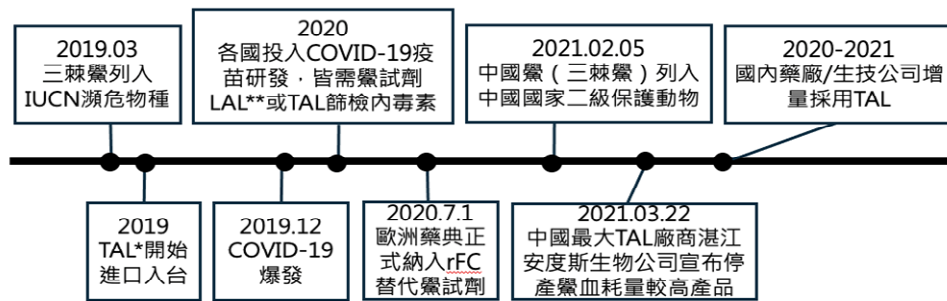


圖 20 近兩年蠶試劑相關事件時間軸

說明：*TAL: 三棘蠶試劑 *Tachypleus amebocyte lysate*（萃取自三棘蠶 *Tachypleus tridentatus*）；**LAL: 美洲蠶試劑 *Limulus Amebocyte Lysate*（萃取自美洲蠶 *Limulus polyphemus*）。

第三節 調查與監測

標的：提升三棘蠶保育研究能量，加強相關資訊的蒐集，公開、交流與應用。

一、族群與棲地監測

瞭解稚蠶成長時孵育場的條件要求後，後續要持續評估棲地的生態整合性，包括稚蠶的入添數量、稚蠶族群齡期結構、孵育場的棲地變化以及可能的產卵場所在地。

在棲地的層面，海灘的侵蝕是產卵場喪失的警訊，為了防止產卵場或稚蠶棲地可能的損失，需定期監測及評估潛在的產卵場及目前有稚蠶分布的海灣地形、地貌，以選擇適合的保護區。

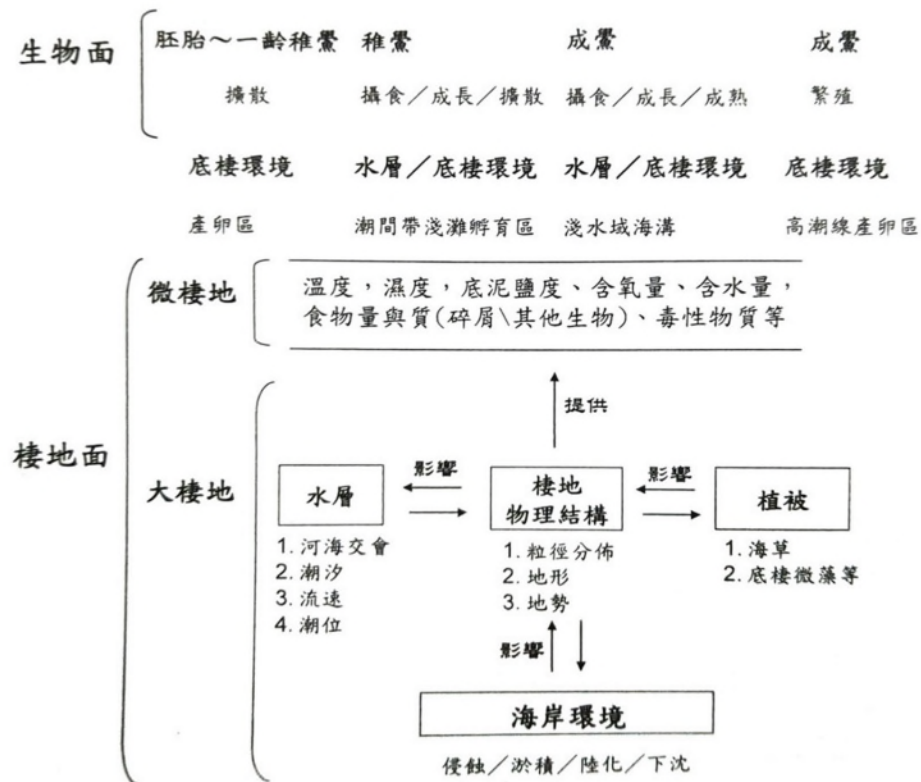


圖 21 三棘鰲的生活史棲地需求示意圖（修改自 Hsieh and Chen 2015）

二、 族群遺傳多樣性與遺傳結構

遺傳多樣性越高，則族群中可提供環境天擇的基因愈多，其族群對於環境適應能力就愈強，有利於族群的生存及演化。在基因交流受到限制時，隔離對族群常導致嚴重的親代自教與遺傳多樣性的流失（楊等 2009）。臺灣三棘鰲的族群遺傳研究，自 2009 年前與日本九州大學一同用遺傳標誌研究臺灣、中國大陸及日本的三棘鰲族群(圖 22)，發現澎湖鐵線的三棘鰲族群也是由於位於半封閉型的海灣，因此與外界基因交流較少，遺傳多樣性因此較低。而嘉義布袋好美寮濕地的三棘鰲族群，因為布袋港的擴建，阻擋了大部分的龍宮溪河口外的成鰲進入河口內的好美寮濕地產卵，或是稚鰲在河口外的沙洲孵化後無法進入好美寮，最後造成個體數量逐漸減少，而沒有遺傳多樣性的族群。（Yang et al. 2007, Yang et al. 2009）

而 Weng 等在 2007-2008 針對中國東南沿海的三棘鰲進行族群遺傳多樣性的研究發現，從浙江寧海、福建梅州、漳浦、廣西、海南等五個地區所收集的 28 個三棘鰲樣本，顯示 CO1 序列變異相對較低，也就是遺傳多樣性較低，有其必

採取緊急保護的必要措施(Weng et al. 2012)。

因此進行遺傳多樣性的定期監測相當重要，以找出族群長期存活所需的遺傳多樣性的最低閾值，與找出避免遺傳均質化的環境變因，並改善原有或復育已破壞的棲地，增加族群的適應性，減少地方性干擾和氣候變遷造成的極端環境的衝擊(楊等 2009)。

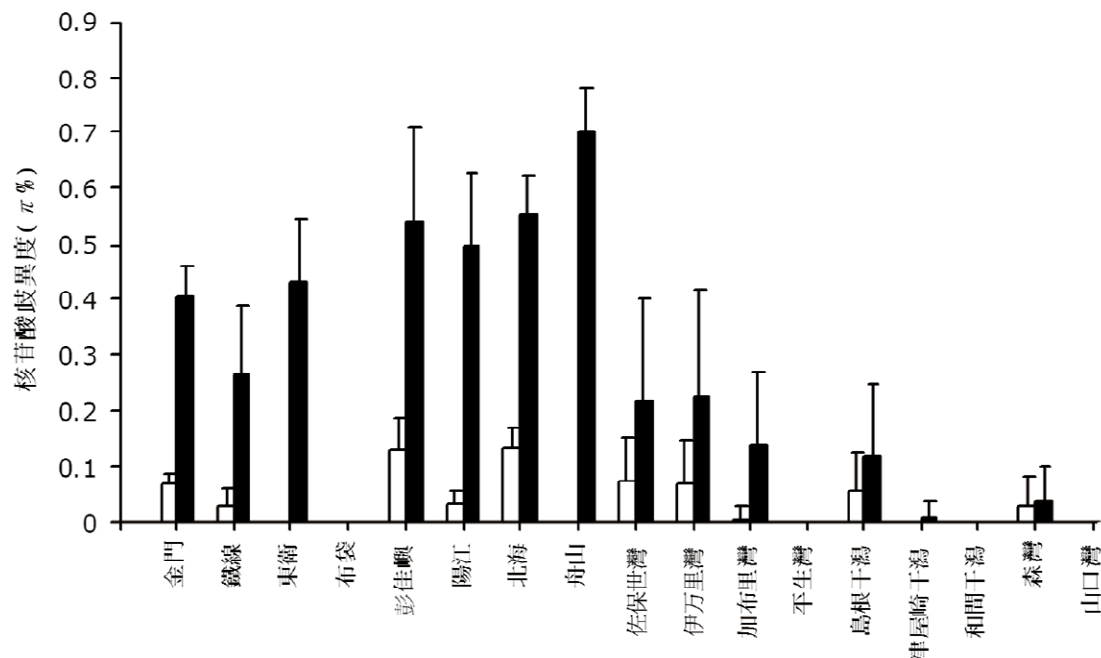


圖 22 三棘鰲遺傳多樣性(核苷酸歧異度 nucleotide diversity)。實心者為粒線體控制區間 (mtCR)；空心者為細胞色素 c 氧化酶基因 I (COI)。

第四節 復育行動

標的：採取有效復育措施，維繫族群的永續。

一、 復育

目前三棘鰲尚未能達到完全養殖，最主要的瓶頸，是在人工環境下畜養的雌成鰲，始終無法達到抱卵階段。海洋科技博物館於 2020 年收容自野外原先沒有抱卵的雌成鰲，經過一年畜養死亡，解剖後發現體內有卵。農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心、金門縣水產試驗所及嘉義縣生態保育協會皆已成功誘引成鰲在人為環境下自然產卵，農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心在 2009 年

6 月 29 日起 (孵化後 750 天) 有 50 隻成功脫殼成為七齡蠶，至 2009 年 9 月 9 日起 (孵化後 826 天) 另有 5 隻成功脫殼成為八齡蠶，並且活存下來。未來期能研究出可在人工環境抱卵並繁殖的技術。

目前收容目標以成蠶為主，包括金門水試所、澎湖海洋生物研究中心已執行收容 20 年，主要作為種蠶繁殖復育。漁民有時誤捕亞成蠶，也會送到收容中心，建議可進行標識放流。海科館於 2020 年開始收容成蠶，並設置收容池與繁殖試驗。嘉義縣濱海環境教育中心預計 2023 年完成，設施將包含蠶收容池與蠶生態展示教育館 (圖 23)。

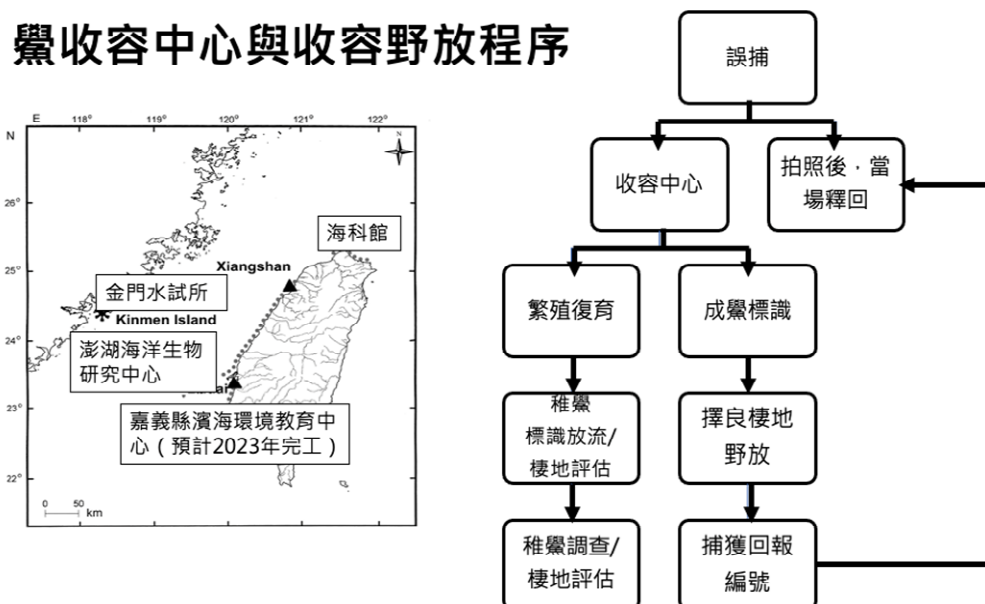


圖 23 臺灣三棘蠶收容中心與收容野放程序圖

二、復育措施

1 齡稚蠶養育過程，至隔年春夏季可能可成長至 3-4 齡稚蠶，不過，因為培育至 3 齡的稚蠶數量往往不到孵化出來的 1 齡稚隻蠶數量的 10%，因此實務上常以 1 齡進行放流。過去國內外放流經驗顯示，直接放流 1 齡稚蠶死亡率極高，以 3 齡之後的稚蠶放流較可適應野外環境，不過尚未評估放流成效 (Xu et al. 2021)。

(一) 稚蠶的飼育

稚鯊飼養的重點為(1)提供豐富的食物；(2)減少不必要的活動，降低能量的消耗；(3)具足夠溶氧量的環境。飼養環境的品質是影響 1 齡稚鯊成長的重要因素。提供安穩的底質環境，讓 1 齡稚鯊能夠埋入底質中完成發育及蛻殼。但 1 齡期相當長，要經過 3 至 5 個月才會蛻殼成為 2 齡。若有休眠現象，則如何打破其休眠應為研究方向之一。

至於提高 2 齡稚鯊至 3 齡稚鯊的蛻殼成功率仍待突破；關鍵在於飼養環境以及餌料質與量。2 齡稚鯊尚有卵黃可用，但若無法攝取足夠的食物，則會因無營養供其成長而死亡。2 齡稚鯊有取食泥沙的現象，因此底質顆粒不可太大。另外，在缺乏底質的飼養環境中，稚鯊時常處於翻倒的狀態，此時稚鯊本能的要翻身，長時間的掙扎會消耗稚鯊太多的能量。在水流強勁的飼養環境中，同樣會使稚鯊消耗過多的能量。3 齡以上的稚鯊已沒有卵黃可用，要自力更生從野外獲得足夠的食物才能存活，此期是放流稚鯊的最小體型。

餌料亦是影響稚鯊成長的關鍵，人工飼養時大多使用豐年蝦做為 2 齡稚鯊的餌料，但在自然環境中，稚鯊不會捕捉這類浮游生物。稚鯊的大部分食物來自底質的有機物或底棲小型生物。是以投餵一些底棲橈足類、多毛類及貧毛類動物，會更貼近鯊在自然棲地的食物相。單一的食物也會使稚鯊營養不均，因此需要藻類或海草，讓稚鯊的食物更多元，故稚鯊的食性以及養分取得來源亦是研究重點（陳章波 2014）。

稚鯊蛻殼時需要蛻殼激素做為蛻殼啟動的訊號，蛻殼激素是調控節肢動物蛻殼的重要化合物，這些激素大多無法在體內自行產生，必須藉由食物取得原料來合成，因此餌料中需富含蛻殼激素的原料（先驅物）。目前可使用蝦用飼料做為稚鯊的食物，由於該飼料具有促進蛻殼的成分，希望能藉此增加 2 齡稚鯊的蛻殼成功率。研究蛻殼激素在鯊體內的調控機制及合成，並且瞭解稚鯊如何在食物中取得蛻殼激素的原料是未來研究的重要課題（陳章波 2014）。

（二）稚鯊的放流

放流要考慮(1)放流個體的存活率及再現辨識率；(2)放流地點的位置及方式；(3)放流後的成效評估。放流地點在大尺度上要參考鯊生活史的三類型棲地的完備性，小尺度則是稚鯊成長的潮間帶。在大尺度放流地點也要考慮是否為保護區，或將來的管理策略。如放流於半月灣形的淺灘，將來此地即可做為鯊的保護區（陳章波 2014）。

稚鸞復育放流地點的選擇，應選擇稚鸞較適棲地（如金門的西園、建功嶼）為先（楊明哲等 2018）。不可在滿潮期間放流，以免因退潮時潮水將稚鸞帶到非泥灘地之外海或其他棲地；應選於將乾潮前約 3 小時（水深約 10-30 公分時），泥灘地潮水正即將退至暴露於空氣時，在泥沙交界處放流之稚鸞可隨著潮水帶向不遠的泥灘地。一般乾潮前 3 小時泥灘地即可觀察稚鸞活動，放流時，也應均勻分佈於海岸，避免過於集中造成食物競爭。

第五節 保育教育宣導與在地參與

標的：

- 1.促成政府、民眾及權益關係人建立夥伴關係，共同參與鸞的保護
- 2.建立獎勵制度，積極推動三棘鸞保育相關教育

一、民間企業參與保育行動

- (一)推動鸞保育的公益行銷，讓企業贊助認養鸞調查、保育、復育。
- (二)從熱點社區進行社區守護，以澎湖為例，因為厚殼仔棲地常和鸞棲地重疊，而厚殼仔是澎湖的平民美食，透過厚殼仔棲地守護、永續利用以及平民美食的文化連結，連帶守護鸞的棲地，也提供透過漁業法倡議禁捕的合適理由，推動友善漁產「護鸞厚殼仔」、「護鸞標章」的認證。
- (三)透過藝術推動保育，構思鸞保育策展，使得不只是保育鸞，而是保育潮間帶的生物多樣性和棲地。
- (四)透過友善鸞社區推動示範社區棲地，社區居民自行或結合理念相合的業者，進行解說、探索體驗活動等行為，讓到澎湖旅遊的人接受鸞保育的環境教育，由棲地的教育進行生態旅遊。

二、 保育教育

- (一)以海洋研究中心的觀點，推動科研單位與社區連結，以公民科學為起點，結合室內與戶外課程，科研單位給予知識與資料的支持，或是專業場地的

支援，再由社區透過自主意識的管理（例如澎湖成功社區與紅羅社區的居民意識），在減少環境壓力的情況下，進行棲地的環境教育。

(二)推動以蟹為主題的展覽，嘉義縣府與嘉義縣生態保育協會舉辦的「七夕蟹保育」，持續進行至 2021 年為第十屆。相對在澎湖缺乏類似的展覽。由棲地所在的社區，以社區/村落為單位的展覽，有一定展期的低干擾展示，除了進行環境教育，也增加閒置空間的再利用。

(三)從海科館的經驗，結合中小學的海洋、環境、科學等教育，利用活動讓教師進行教案設計，學生進行體驗學習、進行創作，在蟹的環境教育可以串聯不同單位的活動、展覽以及公民科學的概念。

三、 620 國際蟹保育日

標的：

1.規劃及推動國際蟹保育日課題性活動，喚起民眾對蟹的保育意識

2.促進國內外蟹保育行動的交流與合作

國際蟹專家自 2007 年起每四年舉辦「國際蟹科學與保育研討會」，在 2019 年廣西舉辦的第四屆研討會提出蟹保育策略「北部灣宣言」。國際自然保育聯盟物種存續委員會蟹專家群組（IUCN SSC Horseshoe Crab Specialist Group, HCSG）同時決議 2020 年 6 月 20 日為第一屆「國際蟹保育日」。

620 國際蟹保育日，不僅可喚起國內大眾對於蟹、海洋、濕地生物多樣性保育的參與；亦是全球一致，用作國內外交流合作之平台。另外，亞洲蟹保育研討會亦針對亞洲地區國家，每年預定於 620 蟹保育日前後舉辦（2021 年因新冠肺炎疫情延後至 12 月 4、5 日）。

建議根據每年需要著重的保育行動，設定年度主題，保持民眾、媒體對於三棘蟹保育議題的熱度。每個地方也可以不同的形式，讓當地民眾、政府可以建立目標、檢視行動與宣傳成果。

表 5 臺灣鰲保育行動綱領

標的	保育行動	針對威脅	時程	主辦機關	協辦機關
課題 1：立法與執法					
適時制定、檢討與修訂三棘鰐保育相關的保育法規與政策，並儘速促成三棘鰐為保育類動物。	依據野生動物保育法，評估將三棘鰐列為「野生動物」，並加強宣導，以降低騷擾、捕捉、貿易、棲地破壞之風險。	綜合	短	海保署	縣市政府
	依據漁業法，建立縣級為單位的三棘鰐禁捕政策。並協調地方單位、宣導收容、放流機制。	漁捕	短	縣市政府、漁會	海保署
	定期召開「海洋野生動物保育諮詢委員會」，評估三棘鰐的保育等級及成效，以提升對其保護。	綜合	短中	海保署	
	成立專家諮詢小組，滾動式檢討保育策略與行動。	綜合	中長	海保署	
	現有海洋動物保育主管機關與各目的事業主管機關，針對其轄區內執法和管理運作情形進行檢討，確認職權競合或執法議題。	綜合	中長	海保署	營建署、縣市政府、漁業署
	改善三棘鰐潛在棲地與其衝突海岸開發/漁捕的權益關係人。確定優先推動三棘鰐保育溝通方案的地區，研擬與落實保育計畫。	棲地破壞/漁捕	短		
課題 2：科學調查與研究					
標的	保育行動	針對威脅	時程	主辦機關	協辦機關
提升三棘鰐保育研究能量，加強相關資訊的蒐集、公開、交流與應用。	長期監測三棘鰐族群以及棲地狀態。建議地點： 金門：浯江溪口（建功嶼、雄獅堡）、南山、北山、西園、上林。 澎湖：青螺國家級重要濕地、成功、安宅、潭邊。 嘉義：好美寮國家級重要濕地。 新竹：香山國家級重要濕地。 馬祖：清水國家級重要濕地。	綜合	長	海保署	營建署、縣市政府、漁業署、金門國家公園
	建立遺傳多樣性的監測，更新全國三棘鰐族群遺傳資訊。	遺傳弱化	短中	海保署	
	補助中央與地方研究機構之鰐繁殖復育技術（金門水試所、嘉義縣政府、澎湖海洋生物研究中心、國立海洋科技博物館）	綜合	長	海保署	

	加入臺灣生物多樣性資訊聯盟（TBiA）中的生物多樣性網路（TBN），建置三棘鰲通報系統。	綜合	短 中 長	海保署	特生中心
標的	保育行動	針對威脅	時程	主辦機關	協辦機關
課題 3：鰲資源的永續管理					
依據相關法令遏止三棘鰲及其產品的非法使用。	以非鰲血替代試劑進行細菌內毒素檢驗。例如：目前《歐洲藥典》2020 年開始許可使用的重組因子 C（rFC），逐步取代以美洲鰲為原料的美洲鰲鰲試劑（LAL），以及三棘鰲為原料的三棘鰲鰲試劑（TAL）。	人類利用	短	食藥署	海保署
	2. 管制以三棘鰲（瀕危，EN）為原料進行醫藥製造與檢驗的三棘鰲試劑（TAL）進口。	人類利用	中	海保署	食藥署、國貿局
	3. 檢視及評估三棘鰲各類產製品的持有、使用、買賣與進出口的相關法律和規章、制度流程，確保三棘鰲族群不會受到貿易的影響。	人類利用	中長		
課題 4：劃設保護區並恢復鰲族群的永續					
1.根據三棘鰲棲地特性與需求，公告劃設鰲保護區，並有效管理。	1. 對既有保護區/保育區，實施長期監測，以落實適應性之經營管理策略。	棲地破壞/ 漁捕	短 中 長	海保署	營建署、縣市政府、農委會、漁業署、金門國家公園
	2.建立環評或生態檢核標準，提出重要棲息地。	棲地破壞	中	海保署	
	3.針對三棘鰲稚鰲、產卵場與成鰲棲息區域，且尚未列為保護區者進行評估。優先建議地點： 金門：浯江溪口濕地 澎湖：成功、安宅潮間帶	棲地破壞/ 漁捕	中長	海保署	
2. 採取有效復育措施，維繫族群的永續。	補助中央與地方研究機構鰲繁殖復育經費。例如：金門縣水試所、嘉義縣政府、農委會水試所澎湖海洋生物研究中心、國立海洋科技博物館。	綜合	長	海保署	
	針對現有以及潛在鰲復育放流棲地進行選址評估，確保放流在稚鰲適合棲地，並進行成效評估。	綜合	中長	海保署	
課題 5：促進公眾參與及推動保育教育					
促成政府、民眾及權益關係人建立夥伴	推動研究單位與社區、中小學學校的連結，以公民科學為起點，結合室內與戶外海洋課程，研究單位給予知識與資料的支持，或是專業場地支援，再由社區與學	綜合	長	海保署	教育部、國立博物館群、金

關係，共同參與鸞的保護	校透過自主意識的管理，在減少環境壓力的前提下，進行棲地的環境教育。				門水試所
	尋找企業支持贊助認養鸞調查、保育、復育。	綜合	中	海保署	
	推動從熱點海岸社區進行保育在地守護，透過棲地守護、永續利用漁產、以及文化連結，連結守護鸞的棲地與友善漁產「護鸞標章」的認證。	綜合	短中長	海保署	文化部、教育部
2. 建立獎勵制度，積極推動三棘鸞保育相關教育	建立鸞保育網路與實體社群，增進跨領域保育交流與合作（例如臉書社團「臺灣鸞保育網」）	綜合	中	民間單位	海保署
	透過藝術文化方式，規劃鸞保育策展及文藝活動	綜合	長	海保署	文化部、教育部、縣市政府
	增加臺灣三棘鸞保育曝光，強化與媒體協調合作，並發展宣導系統，加強與民眾的溝通連結。針對複雜的鸞相關新聞議題，適時舉辦研習營或說明會	綜合	中	海保署	縣市政府
	成立三棘鸞保育推廣講師群，廣泛宣傳，並建構保育教育社群網絡。	綜合	中	海保署	教育部、縣市政府
課題 6：6 月 20 日「國際鸞保育日」					
1. 規劃及推動國際鸞保育日課題性活動，喚起國內對鸞的保育意識	1. 每年規劃主題，舉辦國際鸞保育日活動，喚起國內對鸞的保育意識。	綜合	短中長	海保署	縣市政府
2. 促進國內外鸞保育行動的交流與合作	2. 舉辦研討會、實體與網路活動，促進國內外鸞保育行動的交流與合作。	綜合	短中長	海保署	縣市政府

參考文獻

- Botton ML. (2000). Toxicity of cadmium and mercury to horseshoe crab (*Limulus polyphemus*) embryos and larvae. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 64(1), 137-143.
- Botton, M. L., John, B. A., Carmichael, R. H., Mohamad, F., Bhadury, P., Zaldivar-Rae, J., ... & Cheung, S. G. (2021). Horseshoe Crabs: "Living Fossils" Imperiled in the Anthropocene.
- Chen C, Chen R, Chen P, Liu H, and Hsieh HY. (2016). Intermediate culture of juvenile horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) mixed with juvenile spotted babylon (*Babylonia areolata*) for restocking horseshoe crab populations. *Aquac. Aquar. Conserv. Legis.* 9, 623–633.
- ERDG, 1999. Ecological Research and Development Group, Crab Species.
- Hsieh HL, Chen CP (2015). Current status of *Tachypleus tridentatus* in Taiwan for Red List assessment. In: Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG (eds) *Changing global perspectives on biology, conservation, and management of horseshoe crabs*. Springer, New York, NY, p 383–396
- Itow, T. 1993. Crisis in the Seto Inland Sea: Decimation of the horseshoe crab. *EMECS Newsletter* 3: 10–11.
- Kannan K, Tanabe S, Tatsukawa R. (1995). Geographical distribution and accumulation features of organochlorine residues in fish in tropical Asia and Oceania. *Environmental science & technology*, 29(10), 2673-2683.
- Laurie K, Chen CP, Cheung SG, Do V, Hsieh H, John A, Mohamad F, Seino S, Nishida S, Shin P, Yang M. (2019). *Tachypleus tridentatus* (errata version published in 2019). The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T21309A149768986. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T21309A149768986.en>.
- Leung MM, Ho Y, Maboloc E A, Lee C, Wang Y, Hu M, Cheung S. 2021. Determination of microplastics in the edible green-lipped mussel *Perna viridis* using an automated mapping technique of Raman microspectroscopy. *Journal of Hazardous Materials*. 420, 12654.

- Liao YY, Hsieh HY, Xu SQ, Zhong QP, Lei J, Liang MZ, Fang HY, Xu LL, Lin WY, Xiao XB, Chen CP, Cheung SG, Kwan BKY (2019) Wisdom of crowds reveals clear decline of Asian horseshoe crabs in Beibu Gulf, China. *Oryx*, 53,222–229.
- Sekiguchi, K. (ed.) (1988) *Biology of Horseshoe Crabs*. Science House, Tokyo. pp. 51
- Takahashi, S. 2016. Over 400 endangered horseshoe crabs found dead in Fukuoka Pref. Head of the Fukuoka Branch of "Nihon Kabutogani o Mamoru Kai" (Association to protect the Japanese horseshoe crab). The Mainichi. Japan National Daily. 24 August 2016. url: <https://mainichi.jp/english/articles/20160824/p2a/00m/0na/009000c>.
- Wang CC, Kwan KY, Shin PKS, et al. (2020). Future of Asian horseshoe crab conservation under explicit baseline gaps: A global perspective. *Global Ecology and Conservation* 24: e01373.
- Weng Z., Xiao Z., Xie Y., Wang Z., & Gui J. (2012). Genetic difference of Chinese horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) in southeast coast of China based on mitochondrial COI gene analysis. *Acta Oceanologica Sinica*, 31(3), 132-137.
- Yang MC, CA Chen, HL Hsieh, CP Chen (2007). Population subdivision of the tri-spine horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus* in Taiwan Strait. *Zool. Sci.* 24: 219-224.
- Yang MC, Chen CP, Hsieh HL, Chen CA (2009). “Is a living fossil about to go locally extinct? No mitochondrial genetic variation in the horseshoe crabs *Tachypleus tridentatus*, juveniles at Haomeiliao Nature Reserve, Budai, Taiwan.” *Zool. Stud.* 48(6), 737.
- 內政部營建署 2017。108 年度第 2 期各縣市自然及人工海岸線比例一覽表。
<https://www.cpami.gov.tw/filesys/file/rp6/rp10908261.pdf>
- 吳民聰、江博能、黃元照、吳曜如、陳志勇（2020）109 年度金門縣潮間帶稚蟹族群與棲地環境調查。金門縣水產試驗所。
- 陳章波、葉欣宜(2001)。金門蟹保育實錄。金門歷史、文化與生態國際學術研討會論文集
- 陳章波、謝蕙蓮、黃丁士、蔡萬生、林金榮、廖永岩、李裕紅、李瓊珍。(2014)

海峽兩岸三棘鰲增殖放流的檢討與展望。2014 海峽兩岸漁業增殖放流研討會特刊。P.119-127。

楊明哲、謝蕙蓮、陳昭倫、陳章波 (2009)。天然紀念物的隔離族群在保育上的困境與建議-以臺灣鮭及三棘鰲為例。國立臺灣博物館學刊。62(3):75-90。

楊明哲、黃守忠 (2017)。106 年金門縣潮間帶稚鰲與生物多樣性資源調查，金門縣政府

楊明哲、黃元照、黃守忠 (2019)。107 年金門縣潮間帶稚鰲與生物多樣性資源調查。金門縣政府。

楊明哲 (2020)。臺灣稚鰲調查計畫: 進行金門、澎湖與臺灣本島香山溼地的稚鰲族群與棲地狀態調查。2019-2020 年度香港海洋公園基金保育項目

楊明哲、羅柳墀、唐瑞芬 (2021a)。109-110 年度青螺重要濕地(國家級)指標物種小燕鷗、三棘鰲暨石滬使用調查計畫。澎湖縣農漁局。

楊明哲、楊勝欽 (2021b)。110 年臺灣三棘鰲野外族群調查及保育策略計畫。海洋保育署。

楊明哲、蘇銀添 (2021)。110 年好美寮濕地與朴子溪河口濕地稚鰲潛在復育棲地調查計畫。嘉義縣政府。

佐藤義明及惣路紀通(1993)。カブトガニ。山陽新聞社，95，26 頁。