

澎湖青螺沙嘴鳥類繁殖調查

2020年調查 結果概述

小燕鷗是政府公告的保育鳥類，每年春夏間由南方飛到台灣及附近離島海岸地區繁殖；澎湖青螺濕地的沙嘴地區，則是台灣地區最重要的小燕鷗繁殖地。經過2019年青螺濕地鳥類繁殖族群詳細的調查，發現在2.71公頃的沙嘴上出現119個繁殖巢位，其中有104個小燕鷗繁殖巢，是國內小燕鷗繁殖族群數量最多的地區，也是繁殖密度最密集的区域，而其繁殖成功率為67.3% (n=104)，更遠高於台灣其它小燕鷗的繁殖區。

小燕鷗 · 李俊輝 攝



文、圖／羅柳暉

青螺沙嘴的繁殖棲地面積正逐年減少，造成小燕鷗繁殖族群被壓縮，也增高繁殖族群的種間和種內競爭。在2019年的調查中，發現119個繁殖巢中有35巢失敗，從現場遺留的證據顯示，大部分(94%，33/35)均是因巢中的蛋受到鳥類攻擊破壞而失敗，因此繁殖族群間個體的競爭，是青螺沙嘴鳥類繁殖失敗最主要的原因。目前青螺沙嘴鳥類繁殖棲地，因航道清淤導致沙嘴北側沙岸流失面積逐年縮小的困境仍持續加劇，因此急需對小燕鷗繁殖地加以深入調查，瞭解小燕鷗的繁殖動態，以進行更有效的保育措施。

研究區域概述

青螺濕地位於澎湖縣湖西鄉北岸，分布範圍東自澎13公路起，西至紅羅漁港東側，但未包含青螺港及聚落；北自青螺沙嘴北邊6公尺深的海域起，南至紅羅魚塢止，總面積250公頃。青螺沙嘴為典型砂嘴地形，土壤組成主要為海砂和珊瑚碎屑，非常適合小燕鷗築巢繁殖。

近年來因當地居民的要求，青螺濕地內已進行多次航道的清淤工程，造成沙嘴北側的沙岸被沖刷侵蝕(圖1)，使青螺沙嘴的面積逐年縮小，2005-2018年的這13年間，面積從



圖1. 青螺沙嘴北側受東北季風及長浪的攻擊，沙岸被沖刷侵蝕流失嚴重

3.81公頃縮小到2.71公頃，消失了28.9%，且沖刷侵蝕的狀況仍未減緩，因此對於青螺沙嘴繁殖棲地的保護急需加緊進行。

研究方法

一、研究期程

青螺沙嘴小燕鷗棲地選擇與繁殖族群調查，自3月底先進行繁殖棲地的整理，4月初小燕鷗到達時進行觀察，5-6月加強繁殖巢位、蛋數、幼鳥數和成功繁殖巢位調查並持續到7月成功繁殖陸續離開為止。

繁殖棲地內過密的植被，對小燕鷗繁殖族群有負面的影響(Catry et al 2003； Charlton & Allcorn, 2004)。依2019年的繁殖資料分析結果，在2020年小燕鷗繁殖前，以挖土機將繁殖



圖2. 109年3月下旬燕鷗繁殖前，以挖土機整理青螺沙嘴鳥類繁殖棲地

棲地內的雜草清除和地形整理(圖2)，將繁殖所需的環境要素如空曠的植被、砂礫地和管制範圍提供出來，擴大繁殖棲地以減少種內及種間競爭，成功的吸引小燕鷗前來繁殖。同時，也移除影響繁殖的不利因子，以提升繁殖成功率，營造出良好的燕鷗繁殖棲地。

二、研究步驟

巢位選擇

在2020年4月初小燕鷗由南方飛抵青螺濕地，調查繁殖數量增長狀況；分析其繁殖區域內的環境因子，如珊瑚碎屑的顆粒大小、植被種類、分布與巢位的距離、巢位距海岸線距離、巢位的單位密度...等，也調查天敵如蛇、鼠、流浪狗或人類的出現對繁殖的影響，以探討出影響小燕鷗繁殖的重要環境因子。

繁殖調查

針對2020年小燕鷗的繁殖對、巢位數量、繁殖密度、產卵數、孵化率和幼鳥存活率及繁殖成功率進行調查，以瞭解青螺濕地沙嘴整理後，繁殖棲地對小燕鷗繁殖的成效，並比較2019和2020年的前後差異，提升小燕鷗繁殖族群的可行性方法。

調查方法

為避免影響親鳥繁殖及蛋和幼鳥的存活，每日在上午5點至9點以及下午4點到日落時進行調查，每日兩次。其餘時間在棲地外管制人員和驅趕流浪狗的進入。

(1)巢位找尋：以雙筒望遠鏡觀察或地毯式的搜尋，找到卵窩的位置後，以竹筷子上纏膠帶插在巢旁兩側做為巢位的標定，並利用GPS定下巢位座標。

(2)繁殖記錄：小燕鷗、蒼燕鷗和東方環頸鴿均是早熟性鳥類，雛鳥孵出後即可移動甚至可在4小時內離巢。每天上午和下午巡視各巢位一次，以掌握產卵數、蛋的孵化和幼鳥的離巢狀況。幼鳥孵出後仍觀察其存活狀態，直到遠離巢位無法追蹤為止。

結果與討論

一、青螺沙嘴鳥類繁殖日期

2020年青螺沙嘴的小燕鷗族群最早在4/3發現5隻出現在沙嘴附近水域；之後數量逐日增多，並發現有雄鳥嘴叨小魚向母鳥追逐求偶的行為。2020年青螺沙嘴的小燕鷗最早產蛋日為4/17(2019年為4/27)，產下最後一窩蛋6/19(2019年6/3)，總產卵日共64天，較2019年多26天，繁殖期程前後擴增68%(26/38)。

二、繁殖巢數與族群量

2020年調查到青螺沙嘴上的鳥類繁殖總巢數共207巢，分別為：小燕鷗153巢(73.9%)、蒼燕鷗30巢(14.5%)、東方環頸鴿24巢(11.6%) (圖3)，繁殖巢數較108年119巢為多，各鳥種的繁殖巢數也顯著的增加。2019年各鳥種繁殖巢數分別為小燕鷗104巢(87.4%)、東方環頸鴿10巢(8.4%)、蒼燕鷗3巢(2.5%)和燕鴿2巢(1.7%)。2020年沒調查到燕鴿繁殖，5月上旬曾在沙嘴西側發現蹤影，但沒留下來繁殖。

三、巢位分布

2020年青螺沙嘴各鳥種的巢位大致可分為東上和西下兩個部分。東上有22巢，是小燕鷗最早下蛋繁殖的區域，繁殖成功率也較高，其中小燕鷗有19巢、東方環頸鴿3巢。但

東上區域內植被在繁殖後期較為茂密，在繁殖22巢後即未再發現有繁殖的跡象。小燕鷗的巢位較少選擇在植被茂密處，且植被越高巢數越少(Goutner, 1990)，這可能和小燕鷗孵蛋時在較高較密的植被中，較容易受天敵攻擊有關。

西下共有179巢，多聚集在西側，尤其是西南角一帶，是3月底以怪手將舊有清淤車道整理出來的沙石地，是繁殖密度最高的區域。而在西下的右邊緊臨土堤下，有一塊和巢位密集區環境相似的區域，但是卻少有小燕鷗使用，推測可能因地形較低，下雨時容易積水或土壤含水量較高有關。

在微棲地的巢位選擇上，由於繁殖棲地曾以挖土機進行場地整理，施工時形成深度5-7公分的溝痕。在調查的197巢位中，有94個巢(47.7%)位於溝脊上(圖4)、53巢(27.4%)位於地勢較高的高處，另有50巢(25.4%)位於平坦處。但沒有發現選擇在溝谷或低窪處，這和下雨時巢位容易積水有關，因此親鳥選擇巢位時，均在地勢較高或排水較容易的地方。未來

圖4. 繁殖巢位有很高的比例選擇在怪手劃過溝槽的溝脊處



在繁殖棲地內進行整理時，也可以怪手加以劃深，提供更好的溝脊以供鳥類巢位選擇。

在密集區緊臨農漁局設立的警告線右方空地，是民衆停車看鳥的區域，周邊環境和密集區類似，由於干擾太大，沒有鳥類在此築巢(圖5、6)。沙嘴東側新堆置的沙堆上有5巢東方環頸鸕的巢，有4巢成功、1巢失敗。

蒼燕鷗的繁殖數量由2019年3巢暴增為2020年30巢，主要集中於沙嘴西側近航道處。由於2020年管制民衆到此處釣魚且加強驅趕流浪狗，因此所受干擾較小，蒼燕鷗在5/07後開始大量集中繁殖，直到6/18產下最後一窩。



圖3. 108年青螺濕地沙嘴上各鳥種繁殖巢數比例圖(上)、109年青螺沙嘴小燕鷗、蒼燕鷗和東方環頸鸕繁殖巢數量百分比(下圖)

四、巢和蛋的孵化成功率

繁殖成功率 由於小燕鷗、蒼燕鷗和東方環頸鴿均是早熟性鳥類，幼鳥孵出後即行離巢，是以每巢中有一隻以上幼鳥成功離巢，即視這巢為繁殖成功。

2020年在207巢中有172巢的幼鳥成功離巢，繁殖成功率83.1%。各鳥種的巢繁殖成功率為：小燕鷗153巢中有128巢成功(83.7%)；蒼燕鷗30巢中有23巢成功(76.7%)；東方環頸鴿24巢中有21巢成功(87.5%)，均較2019年各鳥種的繁殖成功率高。

2019年巢位數共調查到119巢，繁殖成功有84巢，佔70.6%(n=119)。各鳥種巢的孵化成功率：小燕鷗67.3%(n=104)；東方環頸鴿80%(n=10)；蒼燕鷗66.7%(n=3)；燕鴿50%(n=2)。

孵化成功率 2020年青螺沙嘴207巢中共產下360顆蛋，孵出296隻雛鳥，有287隻幼鳥成功離巢，總孵化率為82.2%(296/360)，幼鳥成功離巢率為79.7%(287/360)。各鳥種的孵化率及成功離巢率為：小燕鷗孵出246隻(83.1%, n=296)，成功離巢239隻(80.7%, n=296)；蒼燕鷗孵出36隻(78.3%, n=46)，離巢32隻(69.6%, n=46)；東方環頸鴿孵出54隻(80.6%, n=67)，成功離巢54隻(80.6%, n=67)。由於東方環頸鴿雛鳥孵出後，在4-6小時內即可離巢，因此雛鳥數和成功離巢幼鳥數幾乎相同。蒼燕鷗雛鳥孵出後留在巢內的時間較長，有些甚至可長到6天，但也因而較容易被觀察到幼鳥遭受攻擊死亡，因此幼鳥成功離巢數較孵出雛鳥數少(32<36)。



圖5. 109年青螺沙嘴繁殖巢位地理分布圖，巢位集中在東上和西下區

圖6. 108年青螺沙嘴上的鳥類繁殖巢位分布圖，巢位多集中在西側；紫色點為小燕鷗巢位，黑褐色為東方環頸鴿，綠色點為蒼燕鷗

比較2019年共調查到4種鳥類119巢的蛋總數量共225顆，繁殖出151隻幼鳥，蛋的孵化率為67.7% (n=225)。各鳥種蛋的孵化成功率為：小燕鷗孵出130隻 (67.9%, n=191)；東方環頸鴿16隻 (61.5%, n=26)；蒼燕鷗2隻 (66.7%, n=3)；燕鴿3隻 (60.0%, n=5)。

**產卵數
巢及幼鳥
成功率** 小燕鷗每巢產卵數為1-3顆。2020年在153繁殖巢中，有26巢產下1顆蛋，其中8巢繁殖成功 (30.8%)；111巢產下2顆蛋，有104巢繁殖成功 (93.7%)；16巢產下3顆蛋且全部繁殖成功 (100%) (圖7)。在128巢成功離巢的幼鳥數中，1隻成功離巢的有27巢 (21.1%)，2隻的91巢 (71.1%)，3隻的有10巢 (7.8%)。

比較2019年小燕鷗在70巢成功離巢的幼鳥數中，1隻成功離巢的有15巢 (21.4%)，2隻的50巢 (71.4%)，3隻的5巢 (7.1%)。

東方環頸鴿的產卵數為1-4顆。2020年在24個繁殖巢中，產下1顆蛋有2巢，繁殖成功有1巢 (50%)；2顆蛋有2巢，1巢繁殖成功 (50%)；3顆蛋有19巢，18巢繁殖成功 (94.7%)；有1巢產下4顆蛋且全部繁殖成功。在21巢成功離巢幼鳥中，1隻成功離巢的1巢 (4.8%)，2隻的7巢 (33.3%)，3隻的13巢 (61.9%)。

比較2019年東方環頸鴿的產卵數2-3顆，在10巢中產卵2顆的有4巢 (40.0%)，3顆的6巢 (60.0%)。在8巢成功離巢的幼鳥中，1隻成功離巢的有2巢 (25.0%)，2隻的4巢 (50.0%)，3隻均成功離巢的2巢 (25.0%)。

2020年蒼燕鷗產卵數在1-2顆。30個巢中有13巢產下1顆蛋，9巢繁殖成功 (69.2%)；17巢產下2顆蛋，14巢繁殖成功 (82.4%)。在23巢成功離巢幼鳥中，1隻成功離巢的10巢 (43.5%)，2隻的13巢 (56.5%)。

2019年蒼燕鷗繁殖較晚，被觀察到繁殖3

圖7.小燕鷗幼鳥孵出4小時後絨羽已經展開，並可跑動躲藏



圖8.小燕鷗鷗鳥有良好的保護色躲藏於珊瑚礁塊旁，若非近看，不容易被發現

巢均僅產下1顆蛋，其中2巢繁殖成功均有1隻幼鳥離巢，但有1巢繁殖失敗，蛋被破壞。

在沙嘴繁殖的3種鳥類，巢中產下1蛋的親鳥，可能受到載卵壓力的因素，在急迫的情況下產在較不佳的巢位，造成蛋不易孵出甚至親鳥棄巢。也有可能產下1顆蛋的親鳥，身體較弱或群體中的位階較低，造成孵蛋或雛鳥常受攻擊或干擾，影響繁殖成功。

五、巢底材質及周圍顆粒

在青螺沙嘴上2019年繁殖的4種和2020年的3種鳥類，均在地面築巢且蛋具有非常好的保護色 (圖8)，蛋的外形和顏色均很相似，其中以蒼燕鷗的蛋體積最大，其次為燕鴿、小燕鷗，體積最小的為東方環頸鴿。(圖9、10)

**巢的
顆粒大小** 青螺沙嘴西下方的底質有許多顆粒較大的珊瑚碎屑，所以巢周圍的粒徑分布也以粗顆粒較多，親鳥沒有鋪墊裝飾。但有些巢周圍為細砂的底質，為了配合蛋的大小和色澤，親鳥會蒐集堆積珊瑚碎屑襯墊於巢底，使蛋有最佳的保護色 (圖11)。

圖9. 燕鷗的蛋(左上), 東方環頸鸕的蛋(右上圖)



燕鷗(左)和小燕鷗(右)的蛋 東方環頸鸕(左)和小燕鷗(右)的蛋



圖10. 小燕鷗(左)與蒼燕鷗(右)蛋的形態、大小和色澤之比較



圖11. 小燕鷗親鳥蒐集襯墊珊瑚碎屑, 使蛋有最佳的保護色



圖12. 小燕鷗的蛋(藍色圈內)和環境背景形成最好的保護色

巢材與蛋的保護色 一般在地面上築巢的鳥類 (ground nested) 爲了保護蛋和幼鳥減少天敵的攻擊, 蛋和幼鳥常有良好的保護色, 甚至親鳥會刻意選擇和自己產下的蛋有最佳保護色的環境 (圖12) (Lovell et al. 2013)。

爲了驗證小燕鷗親鳥對環境背景色的選擇, 我們在親鳥下完蛋後, 將巢下的珊瑚碎屑更換爲黑色玄武岩顆粒, 使蛋在環境中更顯突出。結果發現親鳥隔日立即將玄武岩重新布置, 插入鑲嵌於周邊巢材中, 使蛋恢復良好的保護色 (圖13)。或直接將蛋移出巢外, 配合巢外的珊瑚碎屑, 達到最佳的保護效果 (圖14)。

2020年我們也在蒼燕鷗巢中置入不同顏色的小石頭以破壞蛋的保護色, 隔天隨即被親鳥整理清除 (圖15)。但在小燕鷗繁殖後期將黑色巢材放入巢中, 由於雛鳥即將孵出, 親鳥整理巢材的動機降低, 只做少量修飾整理 (圖16)。

六、繁殖巢位聚集度與種內和種間競爭

2019年在青螺沙嘴總面積2.71公頃的範圍內, 4種鳥類的繁殖族群共繁殖118巢(另有1巢東方環頸鸕的巢在東側新置砂堆上), 單位面積內的繁殖密度甚高, 每巢平均佔有面積230平方公尺; 而在西下方的繁殖族群更爲密集, 每巢平均佔有面積102.9平方公尺。在繁殖密度最高的區域, 巢與巢間的距離不到2公尺, 種內 (intra-species) 和種間 (interspecies) 的繁殖競爭壓力非常大, 常有互相搶奪食物或攻擊爭奪繁殖空間的現象。

調查中, 119個繁殖巢中失敗的有35巢, 僅有2巢是不明原因的棄巢; 大部分均是巢中的蛋受到攻擊破壞, 且從剛下的蛋到即將孵化的都有 (圖17-18), 目前仍不清楚破壞者是哪些鳥類, 但可見在青螺沙嘴繁殖區內, 種內競爭和種間競爭非常強烈。



圖13.小燕鷗巢內鋪墊黑色玄武岩顆粒(上)隔日親鳥重新將玄武岩鑲嵌入巢材中(下)以使蛋達到最好的保護效果



圖14.小燕鷗巢內鋪墊黑色玄武岩顆粒於蛋下方(上),隔日親鳥將蛋移出巢外(玄武岩右上方)並重新布置巢位,使蛋具有保護色



圖15.蒼燕鷗巢內放入不同顏色石粒(上),但隨即被親鳥清除(下)

在5/25沙嘴的鳥類繁殖高峰時，在每一巢位上放置長寬各12公分的紅紙，並以空拍機拍攝各巢位的相對位置，進一步分析巢位的密集度，瞭解巢與巢間的競爭關係，並做為繁殖族群間競爭壓力的指標。經由核密度分析看出，巢位越聚集的區域，種內競爭越大，繁殖失敗巢位越密集，繁殖失敗率也越高(圖19-20)。

2020年嚴格管制釣客到沙嘴西側岸邊釣魚，沿岸地區得以不受人為干擾。5月上旬蒼燕鷗大量在沙嘴西側航道旁出現，並於5月中集體繁殖。由於繁殖密度高，種內競爭嚴重，常有蛋被破壞或幼鳥慘遭啄死(圖21)，以致蒼燕鷗在30個繁殖巢中只有23巢成功(76.7%)，低於小燕鷗有128巢成功(83.7%)和東方環頸鴿21巢成功(87.5%)。

2020年青螺沙嘴繁殖棲地經過整理後，繁殖棲地面積擴大，且將人員管制線外移以增加棲地內繁殖的面積，大幅增加鳥類的繁殖成功率，由108年整體繁殖成功率70.6%，上升到109年的83.7%，顯見棲地經營管理得當，將大大提高沙嘴內鳥類的繁殖成功率。



圖16.小燕鷗即將孵出雛鳥，親鳥只做少量修飾整理，仍留下大量黑色玄武岩石塊在巢內



圖17.剛產下第1顆小燕鷗蛋的巢(左)、產下2顆蛋的巢(右圖)皆受到攻擊，可以清楚看出受鳥類攻擊的啄痕



圖18.小燕鷗胚胎已具幼鳥形態，受到攻擊後橫死於蛋中



圖19. 108年青螺濕地沙嘴鳥類繁殖族群巢位分布圖，繁殖成功(藍點)繁殖失敗(紅點)



圖20. 以核密度分析108年鳥類繁殖失敗巢位聚集度，綠點為成功巢位；紅點為失敗巢位。顏色越深表示失敗巢位越密集

6月初在青螺沙嘴已可看見幼鳥出現，尤其是黃昏後幼鳥離開白天躲藏的地點，在沙嘴上到處活動並向親鳥索食。6月下旬幼鳥已逐漸長成可進行短距離飛行，且大量集中於較安全的南側沙洲上等待親鳥餵食(圖22)。

經營管理建議

1、為維護青螺沙嘴重要的鳥類繁殖棲地，應避免不當的工程建設且詳細規劃不當工程後生態復育的可行性。加強保護青螺沙嘴北側，防止侵蝕沖刷使棲地縮小，危及鳥類繁殖的棲息地。

2、每年繁殖季前進行棲地整理，清除過密的植被、挖鬆硬化的砂石和珊瑚碎屑、清除海漂垃圾，並以怪手加深劃出溝槽，有利於降雨時排水，並提供繁殖鳥在溝脊上營造巢位。

3、擴大保護區管制範圍，將管制線外移至沙嘴的入口處，使鳥類繁殖棲地面積擴大，提供巢的繁殖成功率。加強管制人員進入、逗留，以提供蒼燕鷗不受干擾的繁殖棲地。

4、青螺沙嘴鳥類的天敵主要來自附近村落的流浪貓、狗(圖23)，故除在繁殖期間對附近居民加強宣導，不讓家中的貓、狗到沙嘴上殘殺孵蛋中的親鳥和幼鳥，也應加強驅趕流浪



圖21. 被啄死的蒼燕鷗幼鳥(傷口在喉部和雙腳)



圖22. 沙嘴突出的沙洲中停留大批小燕鷗幼鳥等待親鳥餵食



圖23. 被狗攻擊咬死的蒼燕鷗幼鳥，地面清晰可見狗的腳痕

貓、狗，以降低繁殖鳥類被捕殺的機率。

5、持續加強在地居民的巡護和鳥類生態解說工作，使居民以擁有國內最優良的小燕鷗繁殖地為傲。加強實施小燕鷗的生態環境教育，為活化海洋資源促進地方產業發展，創造地方



圖24. 湖西國小學童到青螺沙嘴進行燕鷗繁殖特色教學

經濟收入，將青螺濕地內特有的觀光資源提供給全民共享。小燕鷗是珍貴的保育類動物，因此需規劃小燕鷗繁殖區域及設置解說牌示，並於繁殖季節加強巡邏及宣導保育，落實地方永續發展與民衆自然保育的概念。

6、與當地觀光與民宿業者、學校配合，推展濕地生態觀光，培育在地濕地保育尖兵。沙嘴的小燕鷗解說教材及生態旅遊套裝行程，可配合澎湖縣特殊地質、地形地貌或濕地常見的動植物為主題設計相對應的課程。

(圖24)

小燕鷗 · 李俊輝 攝



參考文獻

- Catry, T., Ramos, J. A., Catry, I., Allen-Revez, M. & Grade, N. 2003. Are salinas a suitable alternative breeding habitat for Little Terns *Sterna albifrons*? *Ibis* 145 : 258268.
- Charlton, P., & Allcorn, R. I. 2004. Habitat creation for Little Terns. In : Allcorn, R. I. (ed.). *Proceedings of a Symposium on Little Terns Sterna albifrons* : 3238. RSPB Research Report No. 8. Sandy, UK
- Fasola, M. & Canova, L. 1992. Nest habitat selection by eight syntopic species of Mediterranean gulls and terns. *Colonial Waterbirds* 15 : 169178
- Gochfeld, M. 1983. Colony site selection by Little Terns : physical attributes of sites. *Colonial Waterbirds* 6 : 205213.
- Goutner, V. 1990. Habitat selection of Little Terns in the Evros Delta, Greece. *Colonial Waterbirds* 13 : 108114.
- Holloway, M. 1993. The variable breeding success of the Little Tern *Sterna albifrons* in SouthEast India and protective measures needed for its conservation. *Biological Conservation* 65 : 18.
- Lovell, G., Ruxton, G., Langridge, K., Spencer, K. 2013, Egg-laying substrate selection for optimal camouflage by quail, *Current Biology* 23, 260-264.
- Scarton, F., Valle, R. & Borella, S. 1994. Some comparative aspects of the breeding biology of Black-headed Gull (*Larus ridibundus*), Common Tern (*Sterna hirundo*) and Little Tern (*Sterna albifrons*) in the Lagoon of Venice, NE Italy. *Avocetta* 18 : 199123.
- 羅柳墀，2019，107-108年度青螺重要濕地(國家級)生物資源調查及環境監測 成果報告書。162pp。澎湖縣政府農漁局。
- 劉威廷，2002，彰濱工業區水鳥繁殖棲地選擇、繁殖成功率和經營管理之研究，東海大學環境科學系碩士論文。
- 洪崇航，2009，影響小燕鷗在崙尾工業區內孵化成功率之因子，東海大學環境科學與工程學系碩士論文。
- 洪立娜，2013，蘭陽溪口沙洲小燕鷗 (*Sterna albifrons*) 繁殖生態研究，台北市立教育大學地球環境暨生物資源學系碩士論文。
- 張樂寧，2014，小燕鷗巢位選擇與巢材功能之探討，國立台灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。