

2014年澎湖縣綠蠵龜(*Chelonia mydas*)繁殖與族群危機調查

Survey of Green Sea Turtle Reproduction and Population Threat in Penghu County in 2014

羅柳墀^{1,*} 陳久林¹ 陳添喜²

Liu-Chih Lo^{1,*}, Jo-Lin Cheng¹ and Tien-Chi Cheng²

¹國立高雄師範大學地理學系 高雄市和平一路 116 號

²國立屏東科技大學野生動物保育研究所 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

¹Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, 116, Ho-pin 1st Road, Kaohsiung, Taiwan

²Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, 1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung, Taiwan

* 通訊作者: robert@nknu.edu.tw

* Corresponding author: robert@nknu.edu.tw

摘 要

綠蠵龜(*Chelonia mydas*)是臺灣和附近離島地區主要上岸產卵的海龜。澎湖望安島綠蠵龜產卵棲地是臺灣唯一政府公告的海龜保護區，更是綠蠵龜繁殖保育的重要區域，當地提供綠蠵龜產卵繁殖的重要棲息環境。但是近年來上岸產卵的母龜數量有逐漸下降的趨勢，對海龜的族群保育出現嚴重的警訊，急需要深入探討和剖析。本研究自 2014 年 5 月綠蠵龜上岸產卵開始，直到 12 月底為止，共執行一整個海龜生殖季調查。本年度調查發現澎湖母龜產卵地區共有望安和嵵裡二處，各有一隻母龜上岸產卵。另外吉貝島僅有當地居民描述一隻母龜上岸產卵。望安保護區中母龜最早於 5 月 9 日產卵，共生下 6 窩蛋，總共產下 506 顆蛋，平均每窩卵數為 84 顆($n=6$; $sd=7.0$)，總共孵出 489 隻稚龜，總體孵化率為 96.6% (489/506)。在望安保護區內孵化稚龜的主要天敵為中華沙蟹(*Ocypode sinensis*)和角眼沙蟹(*Ocypode ceratophthalmus*)，共有 21 隻稚龜被捕死亡，平均每窩被捕食 3.5 隻($n=6$; $sd=5.3$)，被捕食而死亡的稚龜最嚴重時可達該窩孵出稚龜數的 18.4% (14/76)。因熱休克死亡

的稚龜共有 38 隻，其中有 33 隻是未爬出巢而在沙中死亡，有 5 隻是在沙灘上死亡。成功爬入海中的稚龜共有 428 隻，繁殖成功率為 84.6% (428/506)。嵵裡沙灘一隻產卵母龜產下 7 窩，但在挖掘檢驗巢中蛋的發育後，發現均是未受精的蛋。其發生的原因為何？仍不得而知，需要深入持續的調查。

Abstract

In Taiwan and on its nearby islands, the green sea turtle (*Chelonia mydas*) is the main species of sea turtle found to lay eggs on beaches. Wang-an Island of Penghu County is the single sea turtle refuge designated by the Taiwanese government, making the Penghu area also an important reproductive and conservation habitat of green sea turtle. In recent years the declining number of nesting turtles indicates a serious threat to sea turtle conservation. We studied nesting green sea turtles during their reproductive period on Wang-an Island and in Shi-li, Magong City, from May to December, 2014. Local people's accounts of green sea turtle on Ji-bei Island were also included in our study. There was only one nester in Wang-an in 2014. The earliest nesters laid six nests with a total of 506 eggs on May 9th. The average clutch size was 84 eggs ($n=6$, $sd=7.0$), which produced a total of 489 turtle hatchlings and amounting to a hatching rate of 96.6%. The main predators of the hatchlings in the Wang-an refuge were the Chinese ghost crab (*Ocypode sinensis*) and horn-eyed ghost crab (*Ocypode ceratophthalmus*), which accounted for a mortality rate of 3.5 individuals per nest ($n=6$, $sd=5.3$). In the most serious case, mortality from predation was 18.4% in one nest. There were 38 hatchlings that died from heat shock, with 33 individuals found in the sand of their nests while five individuals climbed out of their nests but died on the beach. A total of 428 hatchlings from 506 eggs successfully reached the sea, marking a breeding success rate of 84.6%. One nesting turtle on Shi-li beach laid seven nests but no eggs were found fertilized. The reason for unfertilized eggs remains unclear. More detailed researches are required to understand whether these populations are still declining.

關鍵詞：族群、孵化率、存活率、死亡率、掠食者

Key words: population, hatching rate, survival rate, mortality, predator

收件日期：2015 年 07 月 20 日 接受日期：2015 年 11 月 17 日

Received: July 20, 2015

Accepted: November 17, 2015

緒 言

綠蠓龜(*Chelonia mydas*)是廣泛分布於全球熱帶地區(circumtropical)的物種，長年覓食生活於海洋中，在春末夏初即有產卵母龜到台灣本島和離島中合適的沙灘繁殖。在全世界 7 種海龜中，臺灣有 5 種海龜出現的記錄，其中主要的綠蠓龜在臺灣和附近離島地區繁殖(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)。

現今世界上許多地區，人類仍不斷的利用和食用海龜。例如，過度的捕捉海龜和挖掘海龜蛋來食用(Ibrahim 1993; Palma 1993; de Veyra 1994; Limpus 1994; Sloan *et al.* 1994)，因而造成海龜在局部區域消失或整體族群量下降的趨勢(Frazier 1980; Witzell 1994; Chaloupka 2001)。Chaloupka(2001)統計東南亞地區自 1900 年以來綠蠓龜的族群與產卵數量發現：由於過度的捕捉，使族群數量自 1960 年早期以來即快速的下滑，到 1970 年末期下降的更為嚴重(Chan and Liew 1996)。中國大陸官方自 1970 年即已將綠蠓龜公布為瀕危的保護動物，但官方的統計每年仍有 350 噸以上的捕捉量(王 1993)。近年來中國大陸的經濟崛起，出海的漁船比以往更多，為滿足大陸人口大量的需求，海洋資源被撈捕的壓力更甚以往，在中國沿海和臺灣周圍海域的綠蠓龜，被漁船托網混獲和過度捕捉的情況日益嚴重。

臺灣自 1989 年起政府即實施野生動物保護法，將綠蠓龜公告為保育類動物，嚴格規定不准宰殺、販售，也不可撿食龜蛋，在嚴格執法下使綠蠓龜被獵捕的壓力得以緩解。但仍有許多綠蠓龜遭到海上漁船混獲而喪命，也有使用流刺網而致使綠蠓龜慘遭纏

死，綠蠓龜族群的生存危機並未完全解除。自 1990 年以來臺灣經濟逐漸發達，本島和各離島間的開發從不間斷，許多綠蠓龜的產卵地也因開發為港口碼頭；因防止海岸沖刷而被堆置消波塊；因觀光發展而被開闢為休閒度假區等，種種人為開發的衝擊使綠蠓龜的繁殖棲地逐漸消失。

澎湖是臺灣海龜保育的奠基者，光緒六年(1881年)好善堂碑中已銘文記載不可殘殺龜鯢，這是臺灣海龜保育的創始。在綠蠓龜族群日益減少，繁殖棲息地逐漸消失的情況下，政府於 1995 年設立望安島綠蠓龜產卵棲地保護區，是國內第一座海龜繁殖棲地保護區。2002 年在望安成立綠蠓龜觀光保育中心，推動海龜保育與教育的工作。澎湖地區海龜的保育工作一直持續的進行，也是國內海龜保育非常重要的重點地區。

但是望安綠蠓龜產卵棲地保護區的產卵母龜，每年上岸產卵的數量逐年下降(King *et al.* 2013)。由 1998 年的 18 隻上岸母龜下降至 2011 年的 3 隻母龜，在 13 年內產卵母龜的數量降低至最高量的六分之一(16.6%)，如果依此趨勢繼續下去，則望安綠蠓龜產卵保護區也就將失去保育的功能和意義。

依據澎湖縣政府農漁局歷年的調查資料顯示，除了望安島上綠蠓龜每年固定上岸產卵，澎湖其他島嶼也陸續有綠蠓龜上卵的記錄，如山水、林投、峙理、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘亦偶有海龜上岸產卵。由於綠蠓龜產卵常會受到海水溫度、食物的豐富度和其他的環境因子的影響(Chaloupka 2001; Balazs and Chaloupka 2004)，每隻產卵母龜有 2-3 年的產卵間隔期(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)。雖然其他地區產卵狀況不如望安島上的穩定，但對於進

行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護以及海龜生殖生態基礎資料的調查，並試圖找出影響澎湖綠蠓龜族群繁殖的環境因子，提出因應改善的保育方法。

國內的海龜研究已經進行二十多年了，但以往僅由少數研究者所把持(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009; King *et al.* 2013)，且研究的結果也少見以中文在國內的學術期刊發表。為使國人能注意到目前國內海龜的保育現況與生存危機，本文將澎湖海龜最近繁殖的結果和所面臨的族群危機呈現出來，期望國人能瞭解並重視此議題，並集合同國內外的專家學者積極參與海龜的保育工作，共同為海龜的生存而努力。

材料與方法

一、研究地點

澎湖群島是由大小不同的島嶼組合而成，擁有超過四百餘公里的延綿海岸線與近海水域，海洋資源特別豐富。而位處澎湖南海的望安島，從島西北部的天台山一直向南延伸的沙灘，為綠蠓龜上岸產卵的絕佳地點，每年固定返回產卵的綠蠓龜多數會到此處來繁殖。澎湖縣政府配合國際海龜保育運動陳報農委會，於民國八十四年一月十七日正式設立望安島綠蠓龜產卵棲地保護區(圖 1)，使綠蠓龜的重要繁殖棲地得以確保。保護區位於東經 119 度 39 分、北緯 23 度 22 分，面積 23.3 ha，年平均溫度 23.4°C。

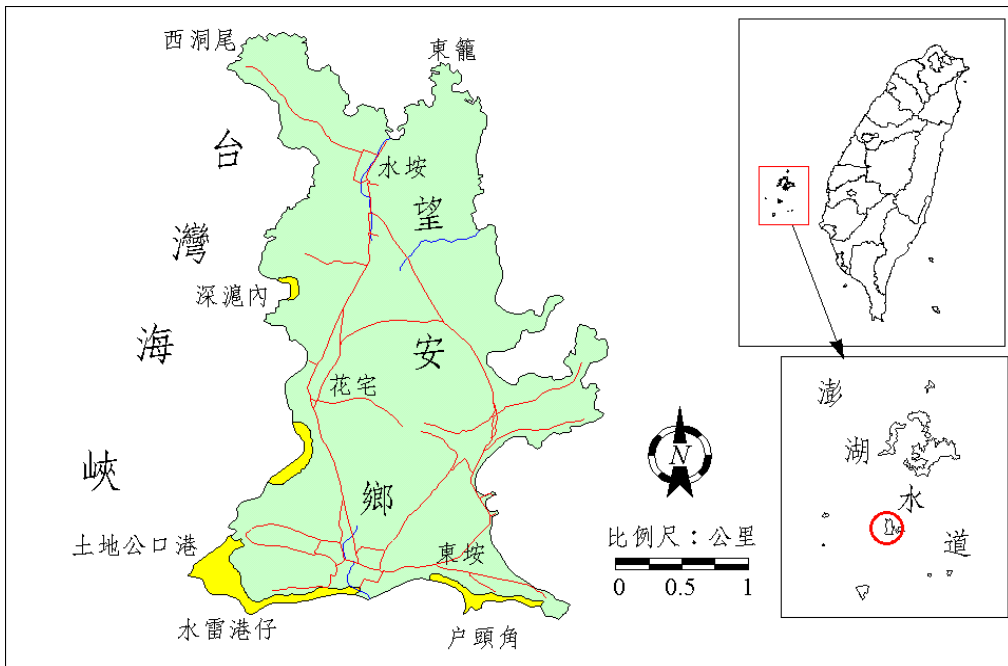


圖1. 望安島綠蠓龜產卵棲地保護區，黃色區域範圍(資料來源: 林務局自然保育網)。

Fig.1. Refuge (yellow area) of green sea turtle (*Chelonia mydas*) on Wang-an Island, Penghu County (resource: Natural Conservation Web of Forestry Bureau).

對望安綠蠵龜產保護區經由進行快速影響評估法(RAPPAM) (Hockings *et al.* 2006; 盧道杰等, 2013)發現, 保護區現存壓力及威脅事項如下: (1) 海上、陸上棲地遭受破壞, 非法捕魚的行為包括電魚、炸魚、使用非法漁具與漁法均會破壞海龜的生存生態。(2) 人工垃圾的汙染會導致海龜誤食並威脅幼龜的成長地。(3) 太多的人工設施導致沙灘可供產卵面積縮小。(4) 人類活動產生的噪音與燈火漁業和人為光害影響母龜產卵(袁孝維等 2010)。

二、研究方法

1. 產卵母龜調查

自 2014 年 5 月上旬至 9 月下旬綠蠵龜產卵季節, 參照澎湖潮汐表, 於每晚漲潮前後兩小時, 在海龜可能上岸產卵沙灘, 沿沙灘之高潮線巡邏。以不干擾海龜為原則, 觀察記錄海龜產卵行為。若母龜上岸產卵時研究人員不在現場, 將經由訪談在地人士, 得知上岸母龜產卵的日期、地點和孵化狀況。本研究於產卵季前期, 以調查母龜上岸爬痕、出現地點與產卵巢位為主; 產卵季高峰期則加強巡護工作, 觀察母龜重回產卵和稚龜的孵出; 後期則以卵窩孵化和稚龜成功降海為重點。

2. 產卵母龜基本資料測量:

我們檢查產卵母龜標號與晶片號碼, 以確認是否為曾上岸產卵的母龜, 或首次到澎湖沙灘產卵的個體。如在身上未被發現標識或晶片, 則在母龜鰭肢上標標號並植入晶片, 並登錄標號與晶片號碼。分別利用皮尺與卡尺測量上岸母龜的背甲曲線長、背甲曲線寬與背甲直線長、背甲直線寬等基本資料。

利用 GPS 定位包含母龜產卵的巢位地

點, 位處保護區位置及經緯度(以度分秒表示), 並記錄巢位與海邊高潮線的距離、沙灘坡度、巢位附近的植被和種類...等環境因子。

3. 產卵數、孵化率與稚龜的存活成功率

為了不影響龜卵的孵化, 我們自母龜產卵一直到稚龜孵化爬出後, 才進行產卵數的檢查。產卵數的計算是由稚龜爬出後, 挖掘遺留在巢中的卵皮數量和加以未孵出的卵數而得。利用游標卡尺、電子秤記錄龜卵直徑與重量並記錄產卵數量。

稚龜孵化數量估算: 以塑膠籃倒蓋在巢口上, 集中保護於籃中並加以計算稚龜的數量。每隻稚龜由龜卵中孵出後會留下一張完整的卵皮, 若未能完全直接計算到稚龜的個體數, 我們另以遺留在巢中的卵皮數做為輔助計算稚龜的數量。孵化率的計算為孵出稚龜的數量和產卵數的比值。我們利用皮尺、游標卡尺和電子秤分別記錄稚龜背甲曲線長、背甲曲線寬、背甲直線長、背甲直線寬與稚龜的重量。

稚龜死亡率計算: 由遺留在沙灘死亡的個體, 被天敵捕食的數量和在巢中未能爬出而熱休克死亡的個體數, 來計算稚龜的死亡率; 我們以孵出稚龜數扣除死亡個體數, 認定為成功降海的稚龜數。另外, 稚龜的存活成功率為成功降海的稚龜數和產卵數的比值。

我們將掠食稚龜的角眼沙蟹和中華沙蟹捕獲後, 以游標卡尺測量掠食者的胸甲長和胸甲寬, 並以電子秤量其重量。

4. 未受精卵的檢查

在稚龜孵化期過後的第 60 天, 挖出未孵出的龜卵以光源檢查卵中是否有發育的胚胎黑點, 並進一步將龜卵打開倒入培養皿中, 在解剖顯微鏡(MICROTECH 422LED)下檢查發

育的胚胎，以確定龜卵是否有受精或有胚胎發育。

結 果

一、繁殖地點調查

2014 年澎湖縣綠蠵龜產卵地調查，共計調查到望安、蔴裡和吉貝三處產卵地(表 1)。望安島上母綠蠵龜於 5 月 9 日在天台山下沙灘的瓊麻(*Agave sisalana*)叢旁產下第一窩卵，而後於 5 月 29 日在土地公港沙灘的濱刺麥(*Spinifex littoreus*)群落外緣處產下第 2 窩卵，之後在土

地公港第 2 窩巢附近連續產下 4 窩，在 7 月 27 日產完第六窩卵之後順利離開(圖 2)。天台山下產卵的第一窩母龜沒被直接觀察到，但由於母龜產卵每年會有 1 窩以上的數量，和天台山產卵母時間和土地公港的時間間隔 20 天，為母龜五月產卵可能的時間，推測應為同一隻母龜，2014 年望安島保護區上岸產卵母龜只有 1 頭。產卵的母龜為曾經在望安保護區內產過卵的母龜，晶片號碼為 145151594A，其背甲曲線長為 100.5 cm，背甲直線長為 95.5 cm，背甲曲線寬為 90.5 cm，背甲直線寬為 77 cm。

表 1. 2014 年澎湖地區綠蠵龜產卵棲地卵窩資料

Table 1. Nesting sites and habitat descriptions of green sea turtle in Penghu, 2014.

卵窩編號	產卵日期	產卵地點	緯度 N	經度 E
望安 No.01	5 月 9 日	天台山沙灘	23°22'38.0"	119°29'38.8"
望安 No.02	5 月 29 日	土地公港沙灘	23°21'19.5"	119°29'17.3"
望安 No.03	6 月 12 日	土地公港沙灘	23°21'23.2"	119°29'16.5"
望安 No.04	6 月 28 日	土地公港沙灘	23°21'19.7"	119°29'17.5"
望安 No.05	7 月 13 日	土地公港沙灘	23°21'19.8"	119°29'17.6"
望安 No.06	7 月 27 日	土地公港沙灘	23°21'21.9"	119°29'16.9"
蔴裡 No.01	7 月 25 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'34.8"	119°33'56.2"
蔴裡 No.02	8 月 7 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.6"
蔴裡 No.03	8 月 23 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.9"	119°33'52.5"
蔴裡 No.04	9 月 7 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.6"
蔴裡 No.05	9 月 20 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.4"
蔴裡 No.06	10 月 5 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'34.2"	119°33'50.6"
蔴裡 No.07	10 月 23 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.1"	119°33'56.5"
吉貝 No.01	7 月 19 日	吉貝沙嘴沙灘	23°43'45.3"	119°36'10.3"
吉貝 No.02	8 月 2 日	吉貝沙嘴沙灘	23°43'48.2"	119°36'11.0"



圖 2. 2014 年望安保護區之綠蠵龜卵窩位置;紅點為望安島上產卵區,藍點為土地公港沙灘上巢的位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 2. Nesting sites of green sea turtles in Wang-an refuge, 2014.

Nesting areas on Wang-an Island (red dot) and nesting sites on Tu-di-gong-gang Beach (blue dot) (image from Google earth).

崙裡沙灘的產卵母龜為未登錄的母龜，於其產卵後置入晶片號碼為 151522726A，其背甲曲線長為 104.5 cm，背甲直線長為 98.2 cm，背甲曲線寬為 91.5 cm，背甲直線寬為 76 cm。於 7 月 25 日在沙灘的西北側黃槿樹(*Hibiscus tiliaceus*)下產下第一窩，在 8 月 7 日產下第二窩時進行基礎資料測量，並上標與晶片，相關資料如表四。之後連續產下 5 窩，直到 10 月 23 日產下第 7 窩(圖 3)。其中除第 1 窩在黃槿樹下，有 4 窩在夾竹桃(*Nerium oleander*)下，1 窩在 11 公尺高的沙丘濱刺麥群落中，另有一窩在瓊麻(*Agave sisalana*)叢下。除了第 3 和第 6 窩距離較遠外，其餘 5 窩緊鄰在一起，其中第 2、4 和第 7 窩甚至有重疊的現象。這 7 窩相當集中，

彼此的距離不超過 100 m。

2014 年在吉貝島上僅記錄到一隻母龜上岸且產下 2 窩(圖 4)，但訪談當地居民得知，可能有產下 4 窩之多，並陸續有小海龜成功順利孵出。吉貝沙尾產卵地上為裸露沙地，並無其他植被生長，不會有植物的根系纏繞阻擋稚龜爬出的問題，且附近並無燈火漁業的干擾。所以吉貝島上綠蠵龜的繁殖現況和棲地條件，可能較望安島上的產卵棲地保護區為佳。

東嶼坪沙灘曾於 2013 年有產卵記錄，但 2014 年經詢問當地居民及執勤的海巡人員後確認無海龜上岸。目前東嶼坪已列入澎湖南方四島國家公園，在國家公園管理處強烈加強保育管理下，未來希望能有更好的保育成果。



圖 3. 2014 年嵵裡沙灘之綠蠓龜卵窩位置，藍點為巢位位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 3. Nesting sites of green sea turtle in Shi-li, 2014. Nesting sites (blue dot) (image from Google earth).



圖 4. 2014 年吉貝沙嘴沙灘之綠蠓龜卵窩位置；藍點為巢的位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 4. Nesting sites of green sea turtle in Ji-bei, 2014. Nesting sites (blue dot) (image from Google earth).

二、產卵日期與產卵間隔

2014 年澎湖產卵母龜的上岸產卵初始日期，在望安、吉貝和嵵裡分別為 5 月 9 日、7 月 19 日和 7 月 25 日，產卵時的平均氣溫和海水溫度均已超過 25°C。但在嵵裡產卵母龜於 10 月 23 日產第 7 窩時，氣溫與海水溫度已略低於 25°C。

望安產卵母龜的產卵間隔平均為 15.8 天 ($n=5$; $sd=2.4$)，在第一窩和第二窩之間間隔較長為 20 天，之後隨氣溫和海水溫度升高(圖 5)，而縮短到 14 天。自第一窩到第 6 窩的產卵停留時間共 79 天(圖 5)。嵵裡產卵母龜產卵時間較晚，溫度也較高，平均產卵間隔為 15 天 ($n=6$; $sd=1.8$)。自第一窩到第 7 窩的產卵停留時間共 90 天。

三、巢位深度

望安產卵母龜產下 6 窩蛋，巢的深度最淺 71 cm，最深 76 cm，平均深度為 73.3 cm ($n=6$; $sd=2.0$)。嵵裡產卵母龜產下 7 窩蛋，其中 4 巢經測量後發現巢的深度最淺 72 cm，最深 76 cm，平均深度為 73.2 cm ($n=4$; $sd=2.0$) (圖六)。兩處母龜產卵深度並無顯著差異($p=0.87, t\text{-test}$)。

四、產卵數

望安產卵母龜產下 6 窩蛋中，最多為 96 顆，最少為 77 顆，平均每窩卵數為 84 顆($n=6$; $sd=7.0$)，總共產下 506 顆蛋。嵵裡共挖掘 4 窩，最多為 86 顆，最少為 84 顆，平均每窩卵數為 85 顆($n=4$; $sd=1.0$)。兩處母龜產卵顆數並無顯著差異($p=0.65, t\text{-test}$)。

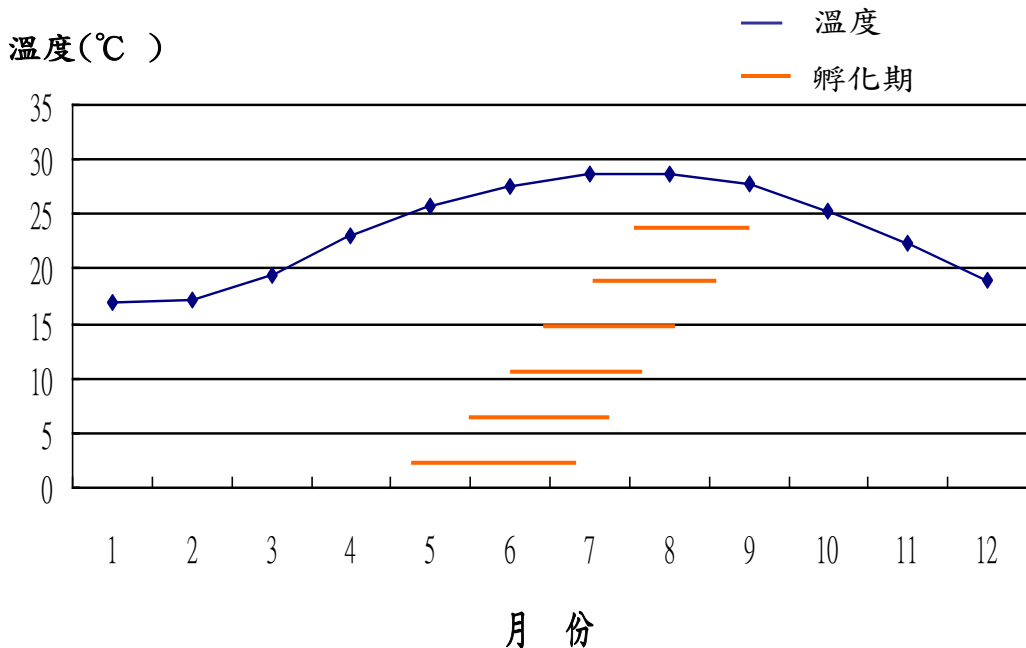


圖 5. 2014 年望安保護區氣溫與綠蠵龜孵化期分布狀況。

Fig. 5. Relationship between temperature and brooding periods of green sea turtle in Wang-an refuge, 2014.

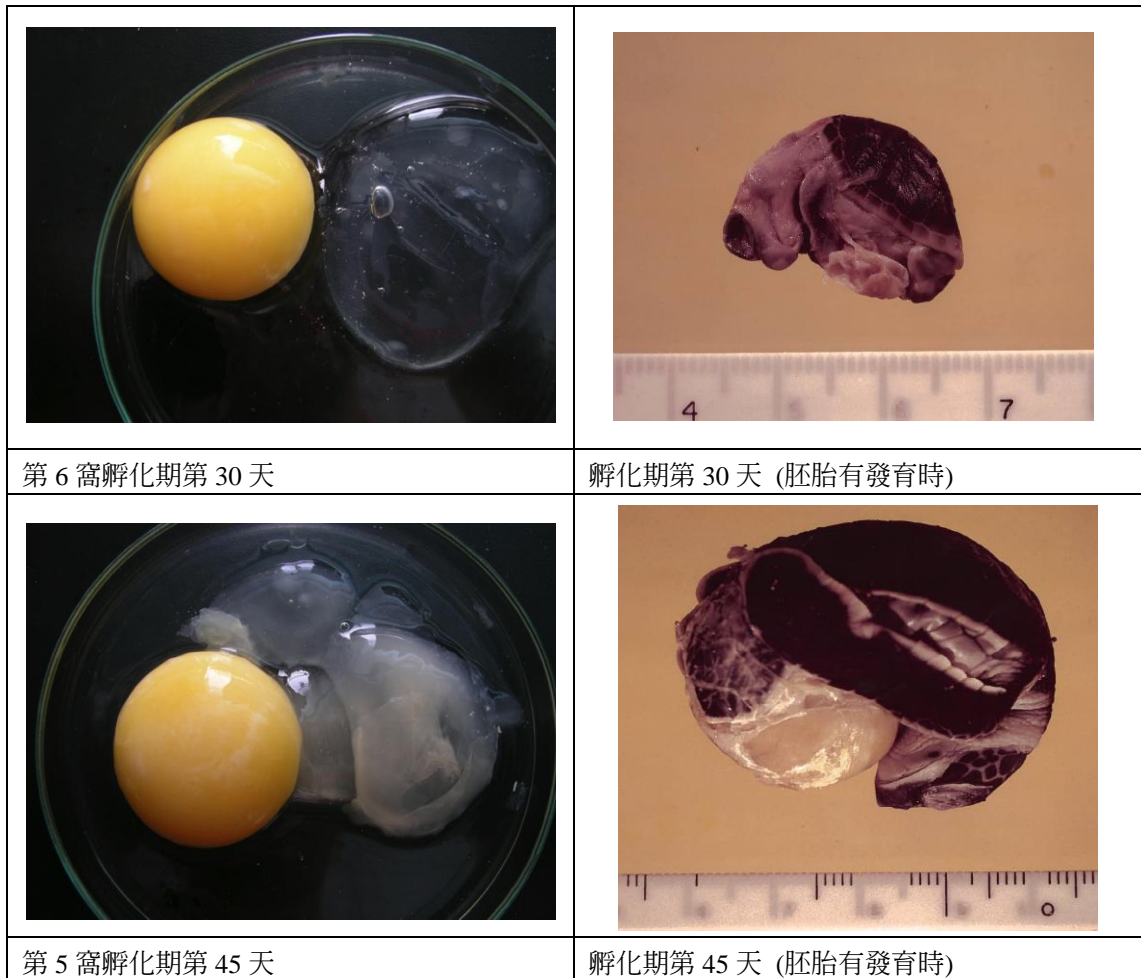


圖 6. 崙裡海灘未受精卵(左)與正常胚胎(G. Balazs 提供)發育時(右)之比較。

Fig. 6. Comparisons of unfertilized eggs (30 and 45 days, respectively) from Shi-li to the normal development of green sea turtle embryo (photos by G. Balazs).

五、孵化天數

望安 6 窩巢中稚龜的孵化期最多為 63 天,最少為 47 天,平均為 51.3 天($n=6$; $sd=6.1$),孵化的天數隨著環境溫度的上升而縮短。崙裡在 7 窩巢中,龜卵均為未受精卵,沒有胚胎發育,也無稚龜孵出。

六、稚龜孵化率

在望安 6 窩巢 506 顆蛋中,僅發現未受精卵 1 顆,蛋在孵化中死亡的個體有 16 顆,總共孵出 489 隻稚龜,總體孵化率為 96.6%。在 6 窩巢中最高孵化率為第 5 窩的 98.9%,最低為第 1 窩的 93.7%。6 窩的平均孵化率為 96.8% ($n=6$; $sd=2.1$) (表 2)。

表 2. 2014 年望安綠蠓龜產卵棲地保護區繁殖資料統計表

Table 2. Reproduction data of green turtle in Wang-an refuge in 2014.

巢位	深度 (cm)	孵化 期(天)	蛋總 數	孵化 稚龜	孵化 率(%)	未受 精卵	孵化中 死亡	未爬出 而死亡	沙蟹 掠食	曬 死	孵化後 死亡	成功入海 稚龜數	成功率 (%)
No.01	74	63	80	74	92.5%	1	5	2	0	0	2	70	87.50%
No.02	72	52	77	76	98.7%	0	1	6	3	4	13	63	81.80%
No.03	76	51	81	79	97.5%	0	2	3	0	0	3	76	93.80%
No.04	71	47	80	76	95.0%	0	4	7	14	1	22	54	67.50%
No.05	75	47	92	91	98.9%	0	1	1	1	0	2	89	96.70%
No.06	72	48	96	93	96.9%	0	3	14	3	0	17	76	79.20%
平均值	73.3	51.3	84	82	96.6%	0	3	6	4	1	10	71	84.40%
最大值	76	63	96	93	98.9%	1	5	14	14	4	22	89	93.80%
最小值	71	47	77	74	92.5%	0	1	1	0	0	2	54	67.50%
總計			506	489		1	16	33	21	5	59	428	84.60%

2014 年嵵裡地區第一窩於 7 月 25 日產卵於黃瑾樹下，過了 80 天後我們發現並沒有稚龜孵化的現象，於是挖掘卵窩調查，發現窩內 84 顆龜卵並沒有發育的情形，可能是龜卵在孵化初期即死亡或是全都是未受精卵。因此，我們在沙灘不同位置的卵窩(第 5 窩與第 6 窩)分別取樣 2 顆龜卵於解剖顯微鏡下觀察，其孵化天數分別為 45 天與 30 天，結果發現 4 顆全都是未受精卵(圖 6)，且今年到目前為止，嵵裡地區並沒有稚龜的孵化紀錄。

七、天敵掠食死亡數

在望安保護區中孵化稚龜的主要天敵為

中華沙蟹和角眼沙蟹，其平均體重分別為 30.9($n=4$; $sd=5.3$)和 34.2($n=10$; $sd=4.4$) g (圖 8)，均較剛孵出的稚龜平均體重 21.7($n=124$; $sd=1.2$) g，分別重 1.4 和 1.6 倍。

總計自第 2 窩到第 6 窩在 5 窩中共被捕食 21 隻，其中以第 4 窩被捕食 14 隻稚龜最高，第 3 窩無被捕食最低，平均每窩被捕食 3.5 隻($n=6$; $sd=5.3$)。在第 4 窩被嚴重捕食而死亡的稚龜，佔當窩孵出稚龜數的 18.4% (14/76)。

八、孵化後死亡數

稚龜自孵出後到成功降海前的死亡數量，在望安保護區內除了天敵捕食外，也有因

為植物根(主要為濱刺麥(*Spinifex littoreus*)與馬鞍藤(*Ipomoea pescaprae*))的生長覆蓋，使其無法順利爬出以致熱休克死亡。總計在第 1 到 6 窩巢中因此原因而死亡的稚龜共有 38 隻，其中有 33 隻是未爬出而在卵窩上方的沙中死亡，有 5 隻已經爬出但在沙灘上熱休克死亡。死亡數最高的為第 6 窩的 14 隻，全死在沙內。最少的為第 5 窩，僅有 1 隻在沙內死亡。第 6 窩熱休克死亡的稚龜佔當窩孵出稚龜的 15.0% (14/93)。

九、繁殖成功率

望安產卵母龜產下 6 窩 506 顆蛋中，共有 428 隻稚龜成功爬入海中，繁殖成功率為 84.6%。其中繁殖成功率最高的為第 5 窩 96.7%，最低的為第 4 窩 67.5%。第 4 窩最大的死亡原因是孵化後稚龜的死亡數最高，共有 22 隻稚龜死亡，占當窩稚龜孵出數的 28.9%。

十、澎湖地區未產卵沙灘調查

今年 8 月 23 日到 9 月 1 日我們也在澎湖縣馬公市與湖西鄉各地的沙灘，以步行觀察方式進行綠蠓龜產卵棲地調查，並未發現海龜產卵足跡，但在北寮沙灘處則發現疑似舊有的海龜產卵痕跡，在鎖港則發現有海龜的骨骼，其他如山水、隘門、林投、尖山、龍門、菓葉、青螺等地沙灘也可能是海龜的產卵棲地。因此，澎湖地區各地的海龜基礎生態研究，需要普及調查和投入更多人力來完成。

討論

繁殖地點

2014 年調查雖僅發現望安、吉貝和崙裡沙灘是綠蠓龜的產卵繁殖地，但依據澎湖縣

政府農漁局歷年綠蠓龜產卵記錄有山水、林投、崙裡、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘，也在不同年份有海龜上岸產卵的記錄。綠蠓龜產卵受到海中食物的豐富度、海水溫度和氣候條件等諸多環境因素所影響(Cheng *et al.* 2009; Chaloupka 2001; Balazs and Chaloupka 2004)，再加以每隻產卵母龜也有 2-3 年的產卵間隔(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)，因此其他地區產卵狀況雖有幾年空缺，不如望安島上每年有穩定產卵族群，但這對部份繁殖的海龜個體間隔幾年忠誠的回到產卵地，是符合自然的規律。再加以已成熟新產卵的母龜個體，也需要尋覓合適的產卵地。因此，對望安以外綠蠓龜的產卵棲地，需要積極加以保護，以維護綠蠓龜在澎湖的繁殖棲息地，對於進行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，除目前望安保護區外，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護，與海龜生殖生態資料的調查。

望安保護區內產卵母龜的繁殖族群數量有逐年減少的趨勢(圖 7)(King *et al.* 2013)，2014 年更只有一隻產卵母龜上岸產卵，如果往後連最後一隻產卵母龜都沒上岸產卵，那麼望安綠蠓龜產卵保護區的設立就失去意義了。由 5 月 9 日於天台山下沙灘產卵後，附近的燈火漁業強烈的光源干擾母龜上岸，母龜即遷移到光害影響較弱的土地公港，可知夜間人為光源的干擾對綠蠓龜上岸產卵的意願有明顯的影響。以往的研究指出夜間人為光源的強度，和綠蠓龜產卵的數量成反比，母龜產卵較集中在海岸黑暗處(Mazor *et al.*; 2013)。因此，在管理上需積極排除影響產卵母龜上岸的環境因素，和其他人為光源干擾的因素需嚴格加以禁止。

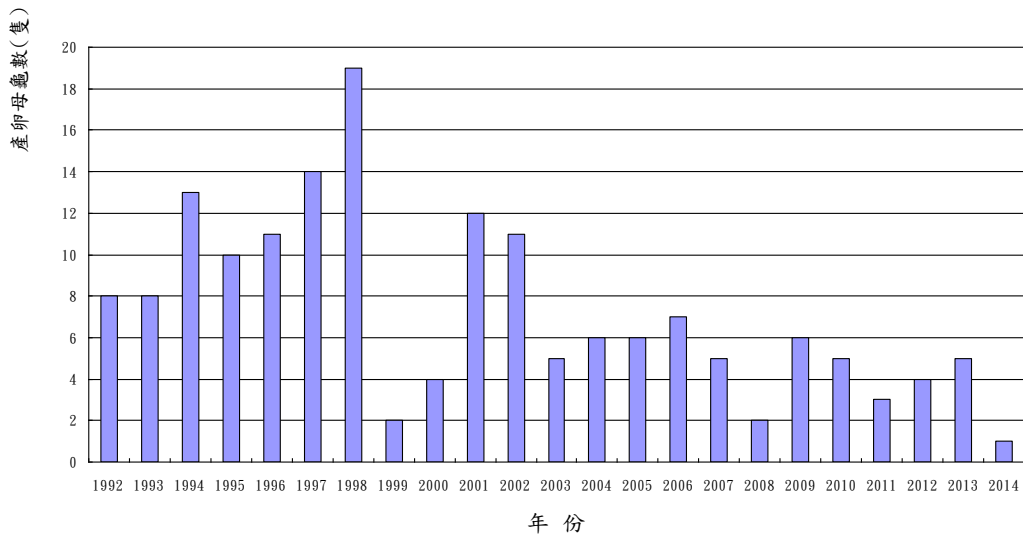


圖 7. 澎湖縣望安綠蠓龜保護區產卵母龜數量之年變化(澎湖縣政府農漁局提供資料)。

Fig. 7. Annual nesting number variations of green sea turtle in Wang-an refuge, Penghu County (data from Agriculture and Fisheries, Penghu County Government).



圖 8. 望安保護區內孵出後的幼龜受角眼沙蟹的掠食。

Fig.8. A green sea turtle hatchling predated by the horn-eyed ghost crab in Wang-an refuge.

產卵日期與產卵間隔

綠蠵龜是變溫的爬蟲類動物，較冷的水溫不利於母龜產卵，產卵的海水溫度通常需超過 25°C，可能因為黑潮暖流流經的時間不同，綠蠵龜在澎湖產卵的日期略晚於小琉球(王添正，個人通訊)，2014 年在南方較溫暖的望安也較北方的吉貝和嵵裡為早。

2014 年望安第一窩於 5 月上旬產在天台山沙灘，產卵日期與產卵期程較往年早，望安產卵母龜的產卵間隔平均為 15.8 天，較蘭嶼地區產卵母龜的產卵間隔 10.6 天(Cheng *et al.* 2009)為長，可能原因為產卵時間不同、海水溫度不同、地理環境上不同而造成母龜族群的產卵時間有所差異所致，但實際原因仍不清楚。

巢位深度

望安產卵母龜產下 6 窩巢的平均深度為 73.3 cm，較蘭嶼地區的產卵深度 66.2 cm 為深(Cheng *et al.* 2009)，可能與望安地區降雨較少且沙灘的砂子太鬆有關，但詳細的原因仍不清楚。

地表植物生長的根要到達較深的巢位所需時間較長，進而減低影響蛋的孵化率；除此之外，較深的巢位也可能減少巢外真菌對蛋的感染而增加蛋的孵化率(Phillott and Parmenter 2014)。植物的根系常阻礙稚龜孵化後爬出巢外，以致常發現在距地表 10-20 cm 處的沙中，稚龜被根系纏住無法向上爬，而在此熱休克死亡。所以母龜在產卵前，需用強而有力的前肢將表層的砂子，連同植被一起大面積的撥開，以確保稚龜孵化期間植物根系的漫延，而纏蓋在稚龜爬出通道上方，造成稚龜爬出窩巢的障礙。

產卵數

望安產卵母龜產下 6 窩蛋中，平均每窩卵數為 84 顆，一隻母龜總共產下 506 顆蛋。比起蘭嶼地區平均每巢 105 顆，和平均每隻母龜的產卵數 769 顆(Cheng *et al.* 2009)明顯為少，也較馬來西亞地區和菲律賓地區為少(Chaloupka 2001)。但產卵數少相對的稚龜的孵化率提高(王 2009)，可彌補卵數量上的短缺。另外，較少的蛋數在巢中所產生的代謝熱較少，巢內的溫度也較低，這將有助於增加雄龜的性別比，至於產卵數少所呈現出來的族群生態學上的意義，未來仍需進一步的探討。

孵化天數

望安 6 窩巢中稚龜的孵化期平均為 51.3 天，較蘭嶼地區的平均 55 天為短(Cheng *et al.* 2009)。每巢的孵化天數隨著環境溫度的上升而縮短，但在 10 月以後氣溫逐漸降低，孵化的天數又逐漸增長(Cheng *et al.* 2009)。

稚龜孵化率

在望安 6 窩巢 506 顆蛋中，僅發現未受精卵 1 顆，蛋在孵化中死亡的個體有 16 顆，總共孵出 489 隻稚龜，總體孵化率為 96.6%，較蘭嶼地區孵化率 80% 為高。孵化率會受到降雨的影響，雨量越大孵化率越低(Chaloupka 2001; Cheng *et al.* 2009)，產卵期間望安地區的年降雨量遠較蘭嶼為少(2014 年中央氣象局資料)，有助於孵化率的提升。雨量會直接影響巢內的溫度，也會影響巢內稚龜的雌雄性別比例。

2014 年嵵裡沙灘一隻產卵母龜共產下 7 窩的蛋，但經過預估孵化期後仍無稚龜出現，經挖掘其中 4 窩巢，並解剖檢查 4 顆卵後發現全部皆為未受精卵。海龜未受精的現象以往是少見的(Balazs; Limpus 私人通訊)，在夏威夷

和澳洲大堡礁尚未被發現過，但 2011 年在小琉球也曾經發現產卵母龜產下 10 窩蛋，但全部皆為未受精卵(王添正，私人通訊)。最近在香港也有發現相同的情形(伍家恩，私人通訊)。有學者指出在過度捕捉海龜的地區，會造成雌雄性別比例的失衡，也增加海龜未受精卵增加的機會(Chaloupka 2001)。

天敵掠食死亡數

在望安保護區中孵化後稚龜的主要天敵為中華沙蟹和角眼沙蟹，但在蘭嶼地區孵化中龜卵的掠食天敵則為赤背松柏根(*Oligodon formosanus*)(Cheng *et al.* 2009)。在小琉球則有赤背松柏根吸食龜卵和沙蟹掠捕稚龜同時存在(王添正，私人通訊)。在澎湖地區赤背松柏根的族群數量很少，對綠蠵龜的蛋與稚龜的威脅較小。在其他地區稚龜還有非常多的天敵，如長鼻浣熊、禿鷹、海鷗和其他鳥類(Frazier 1980; Witzell 1994; Chaloupka 2001; Barton and Roth 2008)。但在望安主要的天敵仍以沙蟹為主，被嚴重捕食而死亡的稚龜，佔當窩孵出稚龜數的 18.4%。如果不在人為的保護下，任其自然的發生，則被沙蟹捕食的稚龜數量將遠高於此。如果在保護區外的自然界中，可以任由天敵捕食而達到演化汰弱留強的生態功能，對綠蠵龜的族群演化有正面的效果。但如果在政府公告的綠蠵龜產卵棲地保護區內，為執行對珍貴稀有保育類目標物種的繁殖保護，以達到保護區設立的法定目標，在管理上則必需盡量減少天敵對稚龜的捕食，以增加產卵母龜繁殖的成功(Barik *et al.* 2014)。

孵化後死亡數

稚龜自孵出後到成功降海前的死亡數量，在望安保護區內除了天敵捕食外，植物根

系的生長覆蓋阻礙，使其無法在氣溫較低的夜間或清晨順利爬出下海，以致在溫度高的白天在巢上方的砂內，或在離巢的沙灘上熱休克死亡。2014 年因此一原因死亡的稚龜共有 38 隻，最嚴重的熱休克死亡的稚龜甚至占當窩孵出稚龜的 15.0%，死亡率相當高。

對土壤中築巢的爬蟲類而言，周圍植物生長和其巢位內的繁殖生態息息相關。有文章指出甚至連體型龐大的尼羅河鱷，在孵化期間巢被植物的根系纏繞時，母鱷常會選擇棄巢離去(Lucia 2001)。在崙裡沙灘也發現，產卵於夾竹桃下的巢經過 60 天後，巢中的龜卵已被植物的根緊緊的包裹著。對於族群日益減少的綠蠵龜，為了降低稚龜的死亡率，有時必需進行積極管理(Barik *et al.* 2014)，在稚龜出巢前將植物覆蓋纏繞的根系移除。

繁殖成功率

望安產卵母龜產下 6 窩 506 顆蛋中，最後共有 428 隻稚龜成功爬入海中，繁殖成功率高達 84.6%，這是很高的比例遠較蘭嶼地區 71% 的成功率為高(Cheng *et al.* 2009)。繁殖成功率也和孵化期間的降雨量有關(Chaloupka 2001;2002; Cheng *et al.* 2009)，2014 年澎湖的年降雨量為 819.5 mm，遠低於蘭嶼的 2960.3 mm (2014 年中央氣象局統計資料)。2014 年望安地區有較高的繁殖成功率，可能和繁殖期間的降雨較少有關。

由 2014 年的調查結果顯示，在望安地區影響海龜繁殖成功率的最大因素，是孵化後稚龜的死亡數包括被螃蟹吃掉和曬死兩大因素，最高可達稚龜孵出數的 28.9% (22/76)，也就是說有將近三分之一的稚龜在孵出後降海前，可能會面臨立即的死亡。因此，在望安綠蠵龜產卵保護區內對族群量逐漸減少的綠蠵

龜，消除環境中不利生存的因子，減少稚龜的死亡率以增加族群量，是必要的保育措施。

建議

依據 2014 年研究結果，謹提供下列建議供有關單位進行經營管理上的參考：

- 一、加強海域資源的管理：綠蠓龜的保育除了陸地上的產卵保護區外，其所生活的海域資源的保育也非常重要。如管制近海的燈火漁業，將可減少產卵母龜對產卵棲息地選擇的干擾與迴避，和稚龜孵出降海時受光線的誤導。禁止在沿海地區使用流刺網，將可減少中、小型龜被誤捕而死亡。
- 二、加強望安綠蠓龜產卵保護區內的管理：如果綠蠓龜是政府依據野生動物保護法公告的瀕危的保育類動物，且是在政府公告的望安綠蠓龜產卵棲地保護區內，我們有需要在保護區內針對目標物種進行積極管理，以人為參與的方式，盡量消除綠蠓龜繁殖上的障礙，提高繁殖成功率，以達到物種保育的目的，符合政府公告的法定意義。
- 三、積極對望安以外綠蠓龜的產卵棲地，如山水、林投、崙理、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘也偶有海龜上岸產卵記錄的地區，需要積極加以調查與保護，以維護綠蠓龜在澎湖縣全境的繁殖棲息地。對於進行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護，與海龜生殖生態資料的調查。目前吉貝地區海龜的繁殖狀況和族群的穩定性，均不輸於望安地區，且吉貝地區擁有全澎湖最多的石滬和平坦的地形，人和海洋的關係最為密切，也是人類

最容易親近綠蠓龜的地區，未來是否能比照望安成立第二處綠蠓龜的保護區，對綠蠓龜的保育將有重大的意義。

- 四、加強成龜個體的保育：綠蠓龜是長壽命的生物，雖然在幼龜時遭受極高的死亡率，但到成體以後死亡率大減，壽命可延長至近百歲，每隻母龜每隔幾年就可貢獻給族群好幾百隻的子代，因此減少成龜的捕捉將對海龜族群的延續有非常重要的意義。對 2014 年崙裡沙灘一隻產卵母龜共產下 7 窩未受精卵的蛋，經與當地漁民非正式訪談後，推測可能是遭受人為過度捕捉，而造成雌雄性別比例的失衡，甚至出現雄龜個體在交配期消失，而使母龜無法如期受孕。因此加強成龜個體的保育，嚴格進行海上的執法，嚴禁捕捉海龜是當務之急的工作。

誌謝

感謝澎湖縣政府農漁局提供研究經費使本研究得以順利完成。

參考文獻

- 王亞民 (1993)。我國南海海龜資源的調查與保護研究現狀與展望。生態學雜誌，1993,12(6):60-61。
- 王純君 (2009)。生物與非生物因子對澎湖縣望安島綠蠓龜卵窩含氧量的影響暨氧氣變化之探討，國立海洋大學碩士論文，72pp。
- 程一駿、陳添喜 (1994)。台灣附近海域海龜之生物學的研究 (1) 年度報告初稿：1-34。

- 中華民國自然生態保育協會 (2005)。台灣現有保護區之分類檢討與管理現況分析。林務局保育研究系列。94-23 號。
- 袁孝維、林良恭、陳建志、盧道杰、趙芝良、羅柳墀，2010，檢討與改善現有保護區域與經營策略計畫，林務局委託研究計畫系列: 114-121。
- 盧道杰、趙芝良、羅欣怡、高千雯、陳維立、羅柳墀、葉美智、何立德，2013，臺灣海岸河口溼地型保護區經營管理效能評估，地理學報(68): 19-42。
- Barik, S.K., P.K. Mohanty, P.k. Kar, B. Behear and S.K. Patra. 2014. Environmental cues for mass nesting of sea turtles. *Ocean & Coastal Management* 95:233-240.
- Barton, B.T. and J.D. Roth. 2008. Implications of intraguild predation for sea turtle nest protection. *Biological Conservation* 141: 2139-2145.
- Chaloupka, M. 2001. Historical trends, seasonality and spatial synchrony in green sea turtle egg production. *Biological Conservation* 101: 263-279.
- Chan, E.H. and H.C. Liew. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2: 196-203.
- Chen, T.H. and I.J. Cheng. 1995. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*, (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Pen-Hu Archipelago, Taiwan. I. Nesting ecology. *Marine Biology*. 124: 9-15.
- Chan, S., I.J. Cheng, K.F. Zhou, H.I. Wang, H.X. Gu and X.J. Song. 2007. A comprehensive overview on the population and conservation status of sea turtles in China. *Chelonian Conservation Biology* 6: 185-198.
- Cheng, I.J., C.T. Huang, P.Y. Hung, B.Z. Ke, C.W. Kuo and C.L. Fong. 2009. Ten years of monitoring the nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Zoological Studies* 48(1): 83-94.
- de Veyra, R. 1994. Status of marine turtles in the Philippines. In: Bjorndal, K. A., Bolten, A.B., Johnson, D.A., Eliazar, P.J.(Eds.), *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. US Department of Commerce, National Technical Information Service Springfield, VA, pp. 123-125.
- Frazier, J. 1980. Exploitation of marine turtles in the Indian Ocean. *Human Ecology* 8: 329-370.
- Hockings, M., S. Stolton, F. Leverington, N. Dudley and J. Courrau. 2006. *Evaluating effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected area* 2nd ed. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.
- Ibrahim, K. 1993. the status of marine turtle conservation in Peninsula Malaysia. In: Nacu, A., Trono, R., P., Palma, J.A. Torres, D., Agas, F.(Eds.), *Proceedings of the 1st ASEAN Symposium-workshop on marine Turtle conservation*, Manila. World Wild Fund, Manila, Philippine, pp.87-101.
- King, R., W.H. Cheng, C.H. Tsung, H.C. Chen, and I.J. Cheng. 2013. Estimating

- the sex ratio of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Taiwan by the nest temperature and histological methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 445: 140-147.
- Leslie, A.J. and J.R. Spotila. 2001. Alien plant threatens Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) breeding in Lake St. Lucia, South Africa. *Biological Conservation* 98: 347-355.
- Limpus, C.J. 1994. Current declines in southeast Asian turtle populations. In: Schroeder, B.A., Witherington, B.E. (Eds.) *Proceedings of the 13th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-341. US Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, VA, pp. 89-91.
- Mazor, T., L. Noam, H.P. Possingham, Y. Levy, D. Rocchini, A.J. Richardson and S. Kark. 2013. Can satellite-based night lights be used for conservation? The case of nesting sea turtles in the Mediterranean. *Biological Conservation* 159: 63-72.
- Palma, J. 1993. Marine turtle conservation in the Philippines. In: Nacu, A., Trono, R., P., Palma, J.A. Torres, D., Agas, F. (Eds.), *Proceedings of the 1st ASEAN Symposium-workshop on marine Turtle conservation*, Manila. World Wild Fund, Manila, Philippine, pp.105-120.
- Sloan, N.A., A. Wicaksona, T. Tomascik and H. Uktolseya. 1994. Pangubahan sea turtle rookery, Java, Indonesia: toward protection in a complex regulatory regime. *Coastal Management* 22: 251-264.
- Witzell, W.N. 1994. The origin, evolution and demise of the US sea turtle fisheries. *Marine Fisheries Review* 56: 8-23.