

行政院農業委員會林務局保育研究計畫系列 100-10 號

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 100-07-8-01 號

台東縣海龜生殖生態學暨保育研究計畫(2/2)
Research Project on Nesting Ecology and Conservation
of SeaTurtles in Taitung County



委託機關： 行政院農業委員會 林務局 台東林業管理處

執行機關： 國立臺灣海洋大學

研究主持人： 程一駿 教授 協（共）同主持人：

研究人員： 林佳樺、郭芙、簡皓博、吳莆馨、李腕琇、
王保謙

中華民國 101 年 11 月 23 日

中文摘要

蘭嶼島為台灣兩個最主要的綠蠵龜產卵地之一，也是受人類威脅最嚴重的棲地，本計畫是利用長期生態調查的方式來(1)對該島上產卵海龜族群之變動趨勢和可能的原因，做出正確的判斷，(2)藉由人造衛星追蹤的方式，了解在蘭嶼島上產卵之綠蠵龜的產後洄游路徑，及其可能的海上覓食棲地，(3)藉由研究對母龜、稚龜及孵化過程中各重要因子的影響研究，判斷蘭嶼島上產卵沙灘的正確管理方式，以及(4)進行劃設保護區之可行性的評估。

研究的結果發現，蘭嶼島上每年以夏季溫度為最高，而雨季出現在秋天到冬天之間。在與望安島相較之下，蘭嶼島的氣溫(包括產卵季)比望安島來的低，但雨量卻較多，且沙灘的顆粒較粗，分布也較不均勻。生殖生態學的調查發現，2012年產卵季調查是從7月2日至8月23日為止。在這段時間裡，共有10頭母龜上岸產卵，有2成的產卵母龜曾經在蘭嶼產卵過。大部分的母龜都會在小八代灣的沙灘上產卵。在本季中，母龜共產下21窩卵，平均每頭母龜產下2窩卵。75%的母龜會在蘭嶼島上產卵，且在產卵期間有86%的母龜會在第一次產卵的沙灘上岸找尋其產卵地。龜卵孵化率為16%。從1997到2012年的研究結果發現，蘭嶼島上的母龜平均每4.5年會回島上產卵一

次，約每四年會有一次產卵高峰季，約有四成的海龜會在蘭嶼島產卵，96%的母龜會再度回到第一次產卵的沙灘(小八代沙灘)找尋其產卵地。71%的卵窩會位於草地、沙草交界及沙林交界處。另外，母龜的產卵成功率有逐年增加的趨勢，然而，孵化中死亡率也有逐年增加的趨勢。

人造衛星追蹤研究於7月16日、7月18日及7月20日在小八代灣，分別為三頭上岸產卵的母龜裝設衛星發報器。追蹤母龜洄游路線的結果，發現三頭產卵母龜於產卵期間多集中在小八代灣的近海活動。此外，三頭中的兩頭都會選擇琉球群島南部的島嶼，作為其產後的覓食海域。我們同時發現，當母龜順著洋流而行時，其洄游速率可達到非順流而行的兩倍以上。

我們於今年7月、8月、9月分別巡視了臺東縣可能產卵的沙灘，並未發現母龜的爬痕和卵窩。在巡視的41個沙灘中，有15個沙灘因變成礫灘或放置消波塊等因素，使母龜無法上岸產卵。另有5個沙灘有相當程度人為干擾，也可能影響母龜上岸產卵意願。

關鍵詞：蘭嶼島、綠蠵龜、生殖生態學、血清生化、洄游追蹤、人為干擾。

英文摘要

Lanyu Island is one of the two main nesting sites for green turtle in Taiwan. It is also facing serious anthropogenic threats. The purpose of this project is by adopting the long-term ecological monitoring techniques to (1) determine the yearly trend of the nesting population and the possible causing factors, (2) using the satellite tracking technique to determine the post-nesting migration route and possible forging habitat, (3) by study the important factors that affect the gravid females and hatchlings during the nesting processes, to determine the suitable management strategies, and (4) evaluate the possibility of designate the nesting beaches as the protected area.

Results of this project found that, the air temperature is highest during the summer, and raining season lasts from fall to winter on Lanyu Island each year. In comparing with Wan-an Island, Penghu Archipelago, the air temperature (including the nesting season) was lower while the precipitation was higher on Lanyu Island. In addition, the sand on the nesting beaches was coarser and more poorly sorted. The reproductive ecology studies found that, the investigation period in 2012 lasted from July 2 till August 23. During this period, there were 10 nesters appeared on the beaches, with 20% old nesters. Most females nested on Ba-dai Beach. During the 2012 nesting season, females deposited 21 nests in total, with the average of 2 nests per turtle. 75% of females nested on Lanyu Island, and the fidelity to the first nesting beach was 86%. The hatching success was 16%. Long-term research from 1997 to 2012 showed that the average remigration interval was 4.5 years. The number of nesters showed peak number every 4 years. About 40% nesters nests on Lanyu Island. The site fidelity to the first nesting beach was 96%. 71% of nest located on the grassland, the border of sand and grass, and the border of sand and trees. There is a increasing trend of nesting success from 1997 till 2012. However, the the hatching mortality rate also showed the similar trend during this period.

Satellite tracking was conducted at Bi-Dai Beach on July 16, July 18 and July 20 on three different nesters. Results showed that, they all stayed in the nearshore waters of Bi-Dai beach during nesting period. Post-nesting migration results showed that two of three tagged turtles

choose the southern islands of Ryukyu archipelago as their feeding/resting sites. We also found when the turtle migrated with the current, the migration speed can be twice as faster than against the current.

We inspected every beach along the Taitung County to search for the signs of nesting activities in July, August and September this summer. No nests or nesting tracks were detected on these trips. Among 41 beaches inspected, 15 were deleted due to the fact that the beach had turned into gravel coast or filled with wave breakers. Another 5 beaches have serious human disturbances, may influence the desire of nesting activities.

Keywords: Lanyu Island, green sea turtle, nesting ecology, plasma biochemistry, satellite tracking, anthropogenic threats.

目錄

一、前言(含文獻回顧).....	1
二、研究目的.....	5
三、工作項目及內容.....	6
四、研究材料及方法.....	7
五、結果與討論.....	17
每年產卵計資料.....	17
生殖生態比較.....	30
1997-2012 年間生殖生態學.....	35
人造衛星追蹤研究.....	63
台東縣沙灘海龜可能產卵地的調查.....	76
六、結論.....	137
七、建議.....	140
八、參考文獻.....	143
九、研究照片.....	145

一、前言(含文獻回顧)

本研究室自 1992 年即開始進行台灣海龜生物學的研究，研究的對象為綠蠵龜，在累積四年於澎湖縣望安島的野外實作經驗後，因得知台東縣的蘭嶼島上也有海龜會上岸產卵，所以在 1996 年的進行先期調查後，於 1997 年正式將研究的觸角延伸到蘭嶼島，並展開長期的綠蠵龜生殖生態之調查。

此期間，我們在蘭嶼島上進行了一系列的海龜生態之研究，這包括生殖生態學(郭慧蓮, 1999)、龜卵孵化期間卵窩內氧氣含量的變化(郭兆偉, 2008)、龜卵孵化期間卵窩內水勢能的變化(柯伯宗, 2006)、稚龜性別比的推估及其影響因子的探討(鄭霖駿, 2001)、小八代灣與東清灣之間產卵行為差異的研究(黃振庭, 2001)、產卵地的選擇(洪博彥, 2005)等。

然而，因海龜有大洋洄游的習性，生長的速率也慢；要花上 20 到 50 年才會成熟，且成熟的母龜並非每年都會上岸產卵；平均為 2 到 4 年。因此，要進行有效的海龜生物學之研究，就須以長期生態調查的態度為之，才能正確的判斷出產卵族群之變動趨勢，及其可能變化的原因。自 1997 年起，我們在蘭嶼島上進行了 14 年的綠蠵龜之生殖生態調查，調查內容除了一般生物學的資料，如母龜產卵次數，龜

卵大小，孵化率，稚龜大小等外，我們也收集一些相關的環境因子，如氣溫，降雨量，沙粒特性等。我們都會在當年計畫結束後，將野外收集到的數據加以整理及分析，並與之前各年及澎湖縣望安島所收集到的相關數據進行統計分析，以判斷長期生態上的變化。目前，我們已將其中十年(1997-2006)的資料整理出來，並發表在 SCI 的學術期刊上: Cheng I-J, Huang C-T, Hung P-Y, Ke B-Z, Kuo C-W, Fong C. 2009. A ten year monitoring of the nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu Island, Taiwan. *Zool Stud* 48(1): 83-94。除此之外，我們也將蘭嶼島十年(1997-2006)來的生殖生態學及族群基因之資料，與澎湖縣望安島的資料加以比對，並寫成論文，也發表在 SCI 的學術期刊上: Cheng I-J, Dutton PH, Chen C-L, Chen H-C, Chen Y-H, Shea, J-W. 2008. Comparison of the Genetics and Nesting Ecology of Two Green Turtle Rookeries in Taiwan. *J Zool* 276(4): 375-384。基本上我們發現，望安島的氣溫比蘭嶼島來的高且較乾燥，但沙灘顆粒較細也較均勻。望安島母龜的產卵間期會較長，但掘洞的次數較多，卵窩也較深。蘭嶼島母龜所產下的龜卵會較輕，但孵化期會較長，孵化中及孵化後的死亡率會較低。自然的，蘭嶼島上龜卵的孵化率會較高。然而，蘭嶼島出生的稚龜會較小。由兩產卵地之生殖生態特性及 DNA 的序列的分析後得知，蘭嶼島上產卵的綠蠵龜與望安產卵的是不同的群聚體，這表示這兩個群體間是不會互相往來的，也表示在台灣，海龜族群共

有兩個管理單位(management unit)，因此任何一個海龜族群的存續，對台灣海龜的保育工作，都是同等的重要。

除了自然環境、生殖生態及族群基因均不同外，綠蠵龜在蘭嶼島所面臨的生存壓力比望安島來的大很多；除了天敵如赤背松柏根蛇捕食龜卵的情形要比望安島來的嚴重外，人為破壞的壓力也大，這包括產卵沙灘的過度的利用與開發(如大量的挖沙)、捕殺母龜及非法挖掘龜卵的情形時而有聞、觀光客過度的干擾及嚴重的光害問題等，都是牠所面臨生存最主要的威脅。2009 年的產卵季中就出現過，產卵母龜因小八代灣沙灘的遊客干擾及光害的污染過大，而大部份都改在東清灣的沙灘上岸之情形。而澎湖縣望安島的產卵沙灘已劃設為保護區，且逐步在落實經營管理的策略，上述的破壞行為大多不會發生。因此持續的進行蘭嶼島上海龜生殖生態的調查，也一方面能了解，在人為及自然破壞的壓力下，其族群的適存度。另一方面，在與望安島的研究比較下，也能確實的了解到，保護區的劃設與否，對海龜族群存續的影響。

另外，本實驗室從 1994 年已開始進行人造衛星追蹤的研究，然而因任務導向及經費分配的問題，大部分的工作均在望安進行。在 13 年的研究中，僅進行了三次的衛星追蹤的研究，其中一頭在離開

蘭嶼沒多久後，就遭到越南漁民的捕殺。另外兩頭，則分別繞過台灣的南北端，洄游到澎湖七美北部的珊瑚礁區覓食。這兩次的研究顯示，澎南海域可能是在蘭嶼產卵母龜的海上棲地。

除此之外，由於澎湖縣的望安島與蘭嶼島之自然環境不同，其孵化環境及海龜的行為均會不一樣，因此在一個島上進行過的實驗，其結果將無法應用於另一個島嶼上。但在考慮望安和蘭嶼島之產卵母龜族群是不同的群聚體，且蘭嶼和望安島的直線距離不會超過 200 公里的情形下，在兩個距離不遠但又幾乎完全不同的島嶼上進行相同的實驗，將不但能進行適當的比較，這在科學研究上的貢獻很大，而且在台灣海龜族群的保育及管理上，也極具價值。目前除了人造衛星追蹤外，我們也對兩島產卵母龜，其產卵期間的潛水行為進行過研究，目前望安島的資料以整理完，也發表在 SCI 的學術期刊上: Cheng, I-J. 2009. Changes in diving behaviour during the interesting period by green turtles. *J Exp Mar Biol Ecol.* 381: 17-24。而蘭嶼的資料正在整理中，將來在比較中，將能了解母龜在不同環境中的潛水行為。此外，我們因在 2007 到 2008 年中，在望安島上進行龜卵在孵化過程中的氧氣消耗及溫度變化的情形，以瞭解影響龜卵孵化的主要環境因子。我們預定在 2010 年在蘭嶼島上，進行相同的實驗，以深入了解在該島上，影響龜卵孵化的主要因子。此外，由於蘭嶼島的產卵沙灘上之光

害十分嚴重，已嚴重的影響到我們在島上的工作。

在 2010 年 9 月 3 日在蘭嶼島進行過一次人造衛星追蹤研究，結果發現海龜可能順著黑潮而行，其洄游速度會比望安島產卵的綠蠵龜快了很多，在蘭嶼有黑潮幫助洄游，速度每小時 4 公里(約望安的一倍)，相當於人類的行軍速度。這個研究結果，已在行政院自然科學簡訊中發表：程一駿、王玉懷。2011。大洋中的老舵手—海龜如何在海中航行。自然科學簡訊 23(1): 9-13。

由於蘭嶼島為台灣一個重要的綠蠵龜產卵棲地，因此有必要進行適當的生態及保育研究。

二、研究目的

台東縣面臨浩瀚的太平洋，狹長的海岸線及鄰近本島的綠島及蘭嶼，也孕育了豐富的海洋生態。過去在台東縣海岸、綠島及蘭嶼均有保育類的動物-綠蠵龜的出現及產卵紀錄，但是因為人為的開發及影響，目前僅有蘭嶼尚有綠蠵龜會定期上岸產卵。另外，今年度亦有民眾反應從富山至隆昌一帶，亦有綠蠵龜上岸產卵，惟頻度不若蘭嶼頻繁及穩定，且沿岸居民亦有撿拾龜卵食用的傳言。

台東林區管理處自 99 年度起委託進行蘭嶼島上綠蠵龜生殖生態之調查，因為綠蠵龜有大洋洄游的習性，生長的速率也慢，平均要花上 20 到 50 年才會成熟，且成熟的母龜並非每年都會上岸產卵；平均

2 到 4 年才會上岸產卵一次。因此，為有效進行的綠蠵龜生物學之研究，必須以長期生態調查的方式進行，才能正確的判斷族群之變動趨勢，及提供保育策略上的建議。因此本計畫（100-101 年）將持續的進行蘭嶼島上海龜生殖生態的調查，另外，也將進行台東縣沿海地區綠蠵龜生物普查工作，希冀透過綠蠵龜的生殖生態及分佈調查成果，可提供後續保育策略及經營管理上的建議。預期成果將可分成六方面加以說明：

- （一）建立蘭嶼綠蠵龜生殖生態及棲地環境的調查資料。
- （二）由研究對母龜、稚龜及孵化過程中各重要因子的影響研究，判斷蘭嶼島上產卵沙灘的正確管理方式。
- （三）以人造衛星追蹤混獲及產卵母龜於產後的遷移路徑；以確立台東縣活動之海龜的海上行蹤。
- （四）建立長期監測綠蠵龜生態資訊的調查方式。
- （五）由綠蠵龜的基礎研究成果，提供後續在保育的經營管理上的參考
- （六）進行台東縣本島海龜的可能產卵棲地調查。

由以上各項的資訊，提供相關的政府機構，進行適當的海龜保育政策之學理依據，並據以規劃研擬合宜之經管計畫。

三、工作項目及內容

本計畫將持續調查台東地區海龜分佈狀況及蘭嶼綠蠵龜生殖生態及棲地環境之相關資料，工作內容包括：

- (1) 持續了解蘭嶼島上綠蠵龜之生殖生態及血漿生化的特性等的相關資料，期以長期生態調查的方式，對該島上產卵海龜族群之變動趨勢和可能的原因，並做出正確的判斷。
- (2) 調查蘭嶼島上產卵海龜族群的威脅及壓力，藉由調查研究了解對母龜、稚龜及孵化過程中各重要因子的影響研究，進而判斷蘭嶼島上產卵沙灘的正確管理方式。
- (3) 去年調查計畫中已於綠蠵龜身上裝設 1 枚衛星發報器，調查結果發現，綠蠵龜產後洄游路徑達覓食海域的多間良島後，母龜開始其覓食海域的活動，發報時間從 2010 年 8 月 15 日到 2011 年 8 月 17 日為止。基本上，我們發現該島的北部近海區，應為其主要的活動海域，為更加了解海龜海上之棲息範圍，今年度將持續辦理蘭嶼及台東地區之人造衛星追蹤研究，以了解其遷移途徑和海上之棲息範圍。
(可能的話，將於蘭嶼裝設 2 個衛星發報器，臺東裝設一個衛星發報器)
- (4) 除了蘭嶼島外，台東海岸去年也有綠蠵龜上岸產卵的事實，今年度將透過訪談及調查台東縣本島海龜可能產卵之棲地，了解海龜上岸產卵的情形。
- (5) 撰寫及繳交成果報告。

四、 研究材料及方法

(一) 實驗地點簡介：

蘭嶼島(121°55'E, 22°04'N)，位於台灣東南方西太平洋上，全島面積約為 45.74 平方公里，周長約為 38.45 公里，為台灣第二大島嶼，隸屬台東縣蘭嶼鄉。(圖一)



圖一、臺東縣蘭嶼鄉

島上氣候屬於熱帶重濕型，受夏季西南氣流與冬季東北季風影響極大，又因蘭嶼島位於太平洋上，夏季常受到颱風的侵襲(中華民國自然生態保育協會，1988)。蘭嶼近岸 150 公尺內，水深約 0~15 公尺，由於沙灘附近水流強勁，枯樹枝、塑膠、重油、垃圾等常會隨著潮水沖上沙灘而污染環境。此外，沙灘的地貌也易受氣候的影響，如遇颱風過境，巨浪會將沙石沖刷到海裡，使沙灘變成礫灘，地形地貌因此而劇變(黃振庭，2001)。

由郭慧蓮(1997)開始進行蘭嶼島上的綠蠵龜生殖生態調查發

現，島上共有六個的沙灘，其中以紅頭村的小八代灣、大八代灣和東清村的東清灣為綠蠵龜主要的產卵沙灘。但近年來(2001-2008；實驗室未發表數據)因受風災、光害、人為盜沙、沙灘開發等因素之影響，大八代灣和東清灣海龜上岸產卵數量非常的少。因此，本實驗以小八代灣為主要的實驗地點，大八代灣和東清灣則列為次要的考量。

(二) 執行工作項目:

A. 進行海龜之種類及分佈、產卵棲地環境、生殖生態及血漿生化的調查。

1. 海龜之種類及分佈調查。

於計畫執行期間，經由縣市政府相關人員、海巡署、水族館及熱心的民眾通報，紀錄擱淺及混獲的海龜種類、地點、體長、生理狀況(是否為死亡、是否有受傷及健康狀況)及所混獲的網具等。由於沿近海為海龜重要的成長及覓食棲地，但牠又是保育類野生動物，無法像其他物種如魚類等能進行捕撈性的採樣。因此，這份調查將能讓我們了解到，台東縣本年度的海龜物種多樣性及棲息地之分布概況。

2. 海龜之產卵棲地環境及生殖生態的調查

這部分的計畫分成兩部分執行:台東縣沿海可能之產卵棲地的調查，及蘭嶼島產卵棲地之環境及生殖生態之調查。

a. 台東縣沿海可能之產卵棲地的調查

先以 google earth 地圖確定從長濱鄉到達仁鄉之沙灘分布，再以租吉普車的方式，從 6 月到 9 月的海龜產卵季中，每月調查一次的方式，實際確定台東縣海岸上，可能的海龜產卵棲地。於每次實地調查期間，除了車巡過每個沙灘並照相以做紀錄外，我們會對沙灘入口處的村民及海巡弟兄晤談，以了解該沙灘上，海龜產卵的歷史及現況。

b. 蘭嶼島產卵棲地之環境及生殖生態之調查

I. 產卵環境的調查

這部分的調查參數包括每日的氣溫、降雨量及沙灘顆粒之特性等。由於蘭嶼島上的人為破壞情形十分嚴重，因此近海表水溫無法進行量測。島上的氣溫及降雨量是購自氣象局，沙溫則是在沙灘上於卵窩深度處理設一自計式的溫度記錄儀(HOBO[®] U22 Water Temp Pro v2.)，溫度計設定每半小時紀錄一次，一天共紀錄 48 筆溫度資料。為了對蘭嶼環境有一充分的了解，這三個參數將進行一整年的量測。

沙灘顆粒之特性可用平均粒徑及篩選度來表示之，這兩參數均須先進行顆粒分析方能計算求得，顆粒分析的方法是在實驗室中將產卵當晚所取的沙（以下稱為產卵時）及孵化後的沙中各取出 100 克，裝入洗淨的燒杯中，放入烘箱內烘乾（24hr;100°C）。烘乾後的沙子分別以 4.00、2.83、2.00、1.41、1.00、0.50、0.21、0.105 及 0.063mm 網目的篩網篩選並分別秤重，以求出重量相對累進百分比曲線，並以 ψ

(ϕ) = \log_2 (mm)之公式換算 ψ 值。再從重量累進沙重百分比之曲線中求出總重之 5%、16%、50%、84%、95%、的相對 ψ 值 (ψ_5 、 ψ_{16} 、 ψ_{50} 、 ψ_{84} 、 ψ_{95})，最後以下列公式求出篩選度係數 (sorting coefficient, σ_i) 及平均粒徑 (M_z) (Folk, 1974)。

$$\sigma_i = (\psi_{95} - \psi_5) / 6.6 + (\psi_{84} - \psi_{16}) / 4$$
$$M_z = (\psi_{16} + \psi_{50} + \psi_{84}) / 3$$

II. 蘭嶼島上綠蠵龜生殖生態之調查

長期生態調查是保護區的經營管理最重要的工作，受保護的物種是否能活下去，均有賴於長期生態調查的結果而得以正確的判斷。蘭嶼島雖然沒有劃設保護區，但長期性的生殖生態調查，依然能對在該島上產卵的綠蠵龜族群是否能存續下去，進行適當的評估。蘭嶼島上的產卵季節雖然很長，但主要是集中在夏季。此外，本計畫主要的執行人力均為研究生及大學生，非暑假期間，很難有足夠的人手在島上進行調查。因此這部分計畫執行的方式是以近乎完全採樣 (near-saturated sampling) 的方式進行，也就是在集中產卵的月分中，每晚進行密集性的調查，以確定我們能收集到從母龜上岸到小海龜下海間，所有該收集到的數據，這個方法也為國際間所認可。調查方式如下：

於研究期間，每晚 7 點、9 點、11 點、凌晨 1 點及 3 點等五個時間至沙灘上進行巡視，若有發現爬痕，或目視母龜正在挖洞，則

在一旁靜候，以避免人為騷擾；確定已經開始產卵後，則放入投標器標定卵窩位置，並進行母龜背甲直線長(straight carapace length, SCL)及曲線長 (curved carapace length, CCL) 之測量；也在母龜左右後肢各釘入一枚鈦合金的標，最後在右後肢各植入一枚晶片標，希冀同時植入晶片及金屬標，能幫助研究人員能更準確的判斷是否為同一之母龜，並減少重複計算等實驗誤差。

在完成上述工作後，靜待母龜下海，之後尋著投標器找到卵窩位置並挖開，隨機選取 30 枚龜卵，測量直徑、重量並計算該窩總卵數、卵窩深度等資料完畢後，將卵窩埋回；若卵窩位置距潮線過近，為避免遭颱風侵襲及高潮時巨浪影響，便將卵窩移至高處，再埋入同一深度的沙層中。待孵化後，計算孵化情形，並量測滯留於卵窩中之稚龜的大小及體重，於當晚或是次晚夜巡時，進行野放。

在生殖生態調查中，量測及計算的參數分成三部分，分別是 a.母龜的產卵行為，b. 龜卵的孵化生理及 c.稚龜的形質形態。

a. 在母龜的產卵行為中，由每晚的夜巡紀錄中，我們量測的參數有 (1)當季中有多少母龜會上岸產卵，(2)母龜的背甲直線長及背甲曲線長，(3)由母龜其狀肢(flipper)上的鈦合金和晶片標，可確定該母龜是否曾經在蘭嶼島上岸產卵過，及兩次回蘭嶼島產卵的間距 (re-migration interval;年)，(4)每頭母龜在下次產卵時，是否會回到同

一沙灘，或是回到蘭嶼島，由這兩參數可算出母龜的忠誠度(fidelity)，(5)母龜在不同沙灘上岸的次數，用來決定島上主要的產卵沙灘，(6)母龜在產卵季中不同時段的產卵次數，用來決定產卵高峰期，(7)每頭母龜於兩次上岸產卵的間期長(interesting interval;天)，(8)母龜的上岸、掘洞及產卵次數，由這些數據可計算出每頭母龜上岸後的掘洞及產卵成功率，(9)每頭母龜在上岸後的產卵及爬痕頂點所在的植批狀況，由這兩個參數可確定母龜對產卵棲地之選擇性。由於許多參數是針對每頭母龜在岸上的行為進行紀錄的，而每頭母龜在岸上的行為都不一樣，所產下的卵窩數及每窩的龜卵數都不同，所以每個參數的重複組多會不同。

b. 在龜卵的孵化生理上，由每晚的夜巡紀錄中，我們量測的參數有(1)卵窩深度，(2)每窩所含的龜卵數，(3)龜卵的大小及重量，(4)未受精龜卵數，由此一數據可算出每窩的未受精率及受精龜卵數，(5)孵化中死亡龜卵數，由此一數據可算出每窩的孵化中死亡率及孵化率，(6)孵化後死亡稚龜數，由此一數據可算出每窩的孵化後死亡率及稚龜爬出卵窩數及爬出率。以上的參數，除了前兩個會因母龜行為不同而異，因此重複組會不一樣外，其餘的參數因是針對每一窩進行量測的，所以重複組是相同的。此外，由這些數據還可算出當季該綠蠵龜產卵族群的 reproductive output (=產卵母龜數 X 平均卵窩大小 X 每粒

龜卵的能量)，及 clutch survival rate (=孵化率 X 稚龜爬出率)，這兩個參數對於海龜族群的存續，是很重要的評估指標。

c. 稚龜的形質形態調查，在這個項目中我們進行三個參數的量測(1) 稚龜背甲直線長，(2)稚龜背甲曲線長，(3)稚龜體重。這三項參數的重複組也是相同的。

因此，在每一產卵季中，我們會收集包括五個環境參數、十二個母龜產卵行為參數、六個孵化生理參數及三個稚龜形質參數，一共是 26 個參數，及算出另外 11 個重要的族群變動之指標參數，所需要投入的資金與人力，也是十分龐大的。

由於我們從 1997 年起，即在蘭嶼島上進行綠蠵龜生殖生態學的長期性調查，因此除了每年定期性的數據收集外，我們也會對每一參數在歷年間的變化，進行統計分析(One-way ANOVA)，以了解產卵族群的變化之趨勢。同時，為了瞭解各參數間的關係，我們也會使用相關性的統計軟體找出是否有關連性存在。此外，為了瞭解全球氣候變遷對產卵族群的影響，我們也針對各參數是否有長期且一致性的變化，進行統計分析。這樣一來，才能發揮長期生態調查的功能。

另外，因為我們在澎湖縣望安島從 1992 年起，即開始進行該島之綠蠵龜生殖生態之調查，因此兩島均有許多相同的參數在同一時間進行收集。在這種情形下，有必要對兩島上相同的參數進行比較(pair

t-test)。由 Cheng et al. (2008)的研究得知，兩島為不同的族群，除了族群基因不同外，其產卵環境及生殖生態之特性也會有所不同，因此有必要進行每年及歷年在相同參數上的比較。小琉球則因調查的時間較晚，目前並沒有放在一起比較的打算。

3. 母龜血漿生化的調查。

以蘭嶼產卵母龜為主要採樣對象。進行抽血，選擇臨床上正常的海龜之血液進行血清酵素試驗，以 COBAS 溼式血清生化分析儀進行量測生化值。抽血：使用酒精棉擦拭欲採血部位，以 10 ml 的無菌注射針筒及 21 G 或 22 G 的針頭自頸靜脈採血共約 6 ml。將 2 ml 及 4 ml 的血液分別加入兩隻 Lithium-heparin 抗凝管，混合均勻後置於冰桶內保存到取出離心為止（於冰上保存時間最多不會超過兩小時），將裝有 4 ml 血液的抗凝管以 3500 rpm 離心十分鐘後，抽取上層血漿並置於微量離心管（PLASTIBRAND®）中以 -20°C 冰箱保存，直到進行血漿生化分析時才取出；另一管則進行血容比的測量。

(1) 血容比的測量：血容比是指紅血球在血液中所佔的比例，以玻璃毛細管接觸並吸取適量血液，一端以黏土封住後，將置於毛細管用離心機以 12000 rpm 離心五分鐘後，配合血容比讀板判讀數值。

(2) 血漿生化值分析：將冷凍的血漿自 -20°C 冰箱取出解凍後，以

COBAS 溼式血清生化分析儀對總蛋白質 (total protein)、白蛋白 (albumin)、天門冬酸鹽轉氨酶 (aspartate aminotransferase, AST, GOT)、氨基丙酸轉氨酶 (alanine aminotransferase, ALT, GPT)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、血糖 (glucose)、膽固醇 (cholesterol)、三酸甘油脂 (triglycerides)、血中尿素氮 (BUN)、肌氨酸酐 (creatinine)、尿酸 (uric acid)、鈣 (calcium)、鎂 (magnesium) 等 14 項生化值進行分析，每次分析血漿樣本時皆對儀器進行校正，並選用 Roche 的品管液進行測誦，以確保各個品管項目的測誦值皆在原廠要求的範圍內。

B、進行人造衛星追蹤研究

為了瞭解母龜的產後洄游路徑及最終的覓食棲息地，我們在七月或八月在產卵母龜之背甲上裝設衛星發報器。本實驗使用 Sea Mammal Research Unit 出產的 SRDL(Satellite Relay Data Logger) 及 Sirtrack 公司出產的 Sirtrack FastLoc Satellite Tag。

儀器安裝的前置作業：

利用母龜產卵之際，準備好保定用的箱子(海龜擋板)和安裝實驗儀器所需的材料，並將發報器設定為紀錄的狀態，待母龜產卵完並欲下海時，將母龜框在箱子中安置好，再使用鋼筋在框架外固定住。將

浸泡過海水的毛巾蓋住海龜頭部，以降低海龜的血壓，減少海龜長期待在陸上的不安和外界驚擾。

儀器安裝方法：

(1) 清理海龜背甲：

首先先用菜瓜布、砂紙和清水，將海龜背甲的側盾第四片週遭清洗乾淨，磨除雜質和附生藻類，再用酒精清洗該區塊的背甲，以加速水分乾燥。

(2) 儀器固定：

用黏著劑，塗在發報器底部作為底座，並將發報器確實安裝在海龜背甲上，使儀器跟海龜背甲中產生一層襯墊，以穩定儀器。本計畫所使用的黏著劑，是一種用在隧道快乾工程的 PowerFast® 2-part marine epoxy，它的優點是不怕水，理論上是可在水下進行粘著的工作，因此可在夜晚重露水的沙灘上工作。且因黏著性強，因此無需包裹住整個發報器，因此能縮短在沙灘上限制海龜行動及發報器裝置的時間。它的缺點是這種膠在國內買不到，最近的銷售點是在澳洲，在取得上會比較困難。等待所有步驟都完成後，便可移開箱子，讓海龜爬回大海，而整個儀器安裝過程約費時半小時。

衛星資料的收集是直接從 Argos 及 Sea Mammal Research Unit 的網站上下載，再進行相關的數據分析及製作洄游路線圖。為了確保數

據的品質，我們還會向 Argos 公司購買 back-up disk。

五、 結果及討論

I. 每年產卵季資料

(a) 2011 年

A. 2011 年蘭嶼島綠蠵龜生殖生物學調查結果

2011 年的調查結果列於表一中，產卵季調查是從 7 月 8 日至 8 月 26 日為止，也是產卵高峰期。在這段時間裡，共有 4 頭母龜上岸產卵，有 75% 的產卵母龜曾經在蘭嶼產卵過。

上岸母龜的平均體長為 98 公分背甲直線長及 102 公分背甲曲線長，母龜平均每隔約 12 天就上岸產卵一次，在本季中，所有的母龜共上岸 15 次，平均每頭母龜上岸 5 次。牠們共掘了 27 個洞，平均每頭母龜掘了 9 個洞，平均掘洞成功率為 60%。所有的母龜共產下 11 窩卵，平均每頭母龜產下 4 窩卵。平均產卵成功率為 81%。在本季中，所有的母龜會均在蘭嶼島上產卵，而在島上的產卵期間有 92% 的母龜會在第一次產卵的沙灘上岸找尋其產卵地。主要產卵的沙灘為小八代灣，其次為東清灣沙灘。

在卵窩方面，平均每窩含 102 粒龜卵，而平均卵窩深度為 76 公分。平均龜卵大小為：直徑 4.29 公分，重量 44.8 克。龜卵孵化期為 53 天，在孵化期間，平均未受精率為 3%，孵化中死亡率為 12%，

因此孵化率為 88%，孵化後死亡率為 0%，而稚龜爬出率為 92%，clutch survival rate 為 77%，而 reproductive output 為 70868 kJ。由於今年暑假在沙灘上的工作受到人為干擾太多，因此無法取得稚龜資料。

表一、2011 年蘭嶼島海龜生殖生物學資料表。

產卵調查時間 7 月 8 日至 8 月 26 日

母龜資料

	平均值	標準差	重複組	總數
背甲直線長(cm)	98	2	4	
背甲曲線長(cm)	102	1.2	4	
產卵間隔(天)	12	0.5	8	
每頭母龜本季上岸次數	5	3	3	15
每頭母龜本季掘洞次數	9	8	3	27
母龜掘洞成功率(%)	60	26	3	
每頭母龜本季產卵次數	2	2	3	11
母龜產卵成功率(%)	81	19	3	
對第一次產卵沙灘的 忠誠度(%)	92	14	3	
母龜不在蘭嶼島產卵 的機率(%)	0	0	3	

卵窩及龜卵資料

平均每窩含卵數	102	19	12
卵窩原來深度(cm)	76	13	11
平均卵徑(cm)	4.29	0.17	330
平均卵重(g)	44.8	20	330
龜卵未受精率 (%)	3	2	8
龜卵被掠食率 (%)	0	0	8
龜卵孵化中死亡率 (%)	12	7	8
龜卵孵化率(%)	88	7	8
龜卵孵化後死亡率 (%)	0	0	8
稚龜爬出率 a(%)	92	16	8

Clutch survival (%)	77	11	8
Reproductive output (kJ)	70868		

孵化及稚龜資料

孵化期(天)	53	0	1
--------	----	---	---

爬痕與卵窩分布資料

	開闊沙灘	沙草交界	草地	草林交界	沙林交界
爬痕頂點(%)	6	0	0	0	75
卵窩所在(%)	0	0	0	9	91

沙灘顆粒分析資料

	平均值	標準差	重複組	性質
平均粒徑(mm)	2.12	0.51	33	礫石
篩選度	1.3	0.31	33	poorly sorted

B. 產卵母龜血清生化學資料

表二、母龜血清生化學資料。

Turtle	1	2	3	4
CCL (cm)	103	103	101	101
pcv(%)	26.5	26	30	29
	26.3	26	29	29
TP(g/dl)	3.1	4.8	4	4.3
Albumin(g/dl)	1.9	2.5	2.2	2.3
Globulin(g/dl)	1.2	2.3	1.8	2
A/G ratio	1.6	1.1	1.2	1.2
AST(GOT)(U/L)	85	53	154	116

ALT(GPT)(U/L)	10	<5	<5	<5
ALP(U/L)	26	<20	<20	<20
LDH(U/L)	322	310	1072	769
CK(U/L)	278	259	2505	539
Glucose(mg/dl)	69	87	69	80
Cholesterol(mg/dl)	237	262	221	237
Triglyceride(mg/dl)	967	1883	918	1376
Calcium(mg/dl)	3.7	12.5	20.5	10.8
Magnesium(mg/dl)	8.8	8.1	9	9.7
Phosphate(mg/dl)	9.9	9.1	11.1	11
BUN (mg/dl)	<2.0	<2.0	6.5	<2.0
Creatinine(mg/dl)	0.21	0.32	0.34	0.34
Uric acid(mg/dl)	0.6	0.7	0.9	0.6

將本季的血漿生化值與台灣野生綠蠵龜之成龜的參考值(表三)比較後發現，Triglyceride 比參考值來的高及 BUN 比參考值來的低，這與母龜的產卵行為有關。而 Glucose 比參考值的低可能與母龜於產卵期間不進食有關。

表三、台灣野生綠蠵龜之成龜的血漿生化參考值(Fong et al., 2010)。

Parameters	All samples			CCL ≥ 85 cm (sub-adult)			CCL ≥ 85 cm (adults)		
	Mean (s. d.)	Interval*	n	Mean (s. d.)	Interval*	n	Mean (s. d.)	Interval*	n
CCL (cm)	86.5 (9.5)	105.775	27	78.1 (4.3)	83.45	12	93.3 (6.7)	106.73	15
PCV (%)	29.1 (2.6)	33.6	26	27.8 (2.04)	30	10	30.1 (2.6)	35.55	13
TP (g/dl)	4.78 (0.88)	6.026	27	5.15 (0.99)	7.263	12	4.49 (0.68)	5.88	15
Albumin (g/dl)	2.32 (0.4)	3.156	26	2.46 (0.41)	3.153	12	2.32 (0.62)	3.842	15
Globulin (g/dl)	2.48 (0.8)	3.832	26	2.68 (0.99)	4.669	12	2.16 (0.82)	3.32	15
A/G ratio	1.03 (0.35)	2.09	26	1.03 (0.4)	1.6	12	2.82 (6.96)	21.357	15
AST (U/l)	142.8 (53.2)	274.04	27	174.4 (46.7)	253.69	12	117.6 (44.9)	195.18	15
ALT (U/l)	11.2 (16.7)	39.4	27	9.03 (12.76)	39	12	13 (19.6)	65.775	15
ALP (U/l)	29.4 (25.2)	87	27	33.86 (29.57)	92.58	12	25.9 (21.4)	77.5	15
LDH (U/l)	246.5 (200)	1337.7	27	292.1 (199)	1461.9	12	249.9 (308.9)	1059.5	15
Glucose (mg/dl)	108.5 (17.7)	120.685	27	105.9 (16.6)	130.41	12	109.7 (18.9)	136.03	15
Cholesterol (mg/dl)	194.4 (85.8)	366.3	27	178.2 (39.9)	238.3	12	207.5 (109.6)	449.25	15
Triglyceride	49.07 (34.5)	699.45	27	50.98 (43.03)	161.23	12	47.5 (27.34)	117.2	15
Calcium (mg/dl)	8.87 (1.62)	11.551	27	8.58 (0.76)	9.606	12	9.1 (2.1)	13.845	15
Magnesium (mg/dl)	4.39 (2.28)	8.895	27	4.3 (2.13)	8.64	12	4.46 (2.47)	91.5	15
BUN (mg/dl)	16.65 (9.9)	34.415	27	14.28 (9.76)	34.1	12	18.55 (9.9)	35.65	15
Creatinine (mg/dl)	0.3 (0.1)	0.485	27	0.29 (0.09)	0.453	12	0.31 (0.1)	0.557	15
Uric acid (mg/dl)	1.38 (0.47)	2.28	27	1.45 (0.38)	1.89	12	1.34 (0.54)	24.5	15

* Interval: 95% confidence interval of mean.

C. 經營管理

本計畫已於今年3月15日及3月16日，分別於蘭嶼前山區(椰油部落、漁人部落及紅頭部落)與後山區(朗島部落、東清部落及野銀部落)各辦理1場“海龜保育論壇”，強調海洋生態保育重要性，及介紹蘭嶼島上的海龜研究工作內容，和說明海龜研究工作的重要性。我們也於今年3月26日至28日，辦理一梯次的“海龜生態解說員培訓營”活動，培訓課程為期3天，並有1天戶外講習課程，內容著重於海龜生態知識的介紹、海洋生物多樣性的奧妙、生態旅遊的觀念建立、保育法的介紹、遊客的管理、他人成功經驗之分享等。戶外講習課程包括蘭嶼潮間帶生態巡禮、海龜保育實作和夜訪海龜產卵沙灘。藉由培訓過程，增加蘭嶼當地住民生態保育觀念，提升蘭嶼海龜生態體驗活動的素質。希望藉由這些訓練及溝通，能夠讓我們在島上的工作，較少受到不當的人為干擾。

我們今年有一位碩士生，在島上進行居民、遊客及業者(民宿及旅遊業)對綠蠵龜生態保育的反應。結果發現，遊客十分贊成推動推動海龜生態保育，而居民則反對，主要理由是他們不會去沙灘，所以認為沒有保育的必要，但如果能雇牠們為沙灘巡護員，保育海龜的意願就會提高。不過有趣的是，他們倒贊成劃設保護區，因為擔心自然資源被外人掠奪。此外，他們依然堅決反對國家公園的設立，這個理由不言而喻。

此外，和望安島一樣，蘭嶼的遊客今年特別的多，我們解說的預約人數，也異常的多，也有不少在蘭嶼打工的學生，也會主動的加入我們的沙灘巡護工作，今年因上岸產卵的母龜數量不多，因此學生較能處理這方面的事宜。值得一提的是，今年暑假還有一位靜宜大學媒體製作系的學生，到該島記錄我們學生的工作狀況，以為他的畢業發表記錄片，研究團隊變成了記錄片的題材，這還是頭一遭，十分有趣。

除蘭嶼島工作外，本研究室也於本月15到17日，前往台東縣都蘭、隆昌及杉原等社區，對當地居民進行海龜保育巡迴宣導會。由於當地以原住民為主，宣導的效果十分有限，社區的問題卻不少，包括總幹事本身都是新北市的居民等。我們也於9月27日到台東縣的都蘭沙灘野放在台東水試所飼養超過10年的四頭海龜，包括有一頭玳瑁，一頭赤蠵龜和兩頭綠蠵龜。當天風和日麗，林務局台東林管處還動員了社

區的原住民及當地的國中超過250人參與野放儀式，除了一些原住民的舞蹈及團體活動外，還請社區長老為海龜祈福等十分熱鬧。參與的長官除了林務局的各級長官外，縣政府也派員參加。此次活動十分的成功，各大媒體包含英文報，都對此次活動做了大幅的報導。

D. 蘭嶼和望安比較

1. 氣候環境參數

	氣溫			降雨量		
	望安	蘭嶼	<i>p</i> 值	望安	蘭嶼	<i>p</i> 值
一月	低	高	< 0.001	低	高	< 0.001
二月	低	高	< 0.001	低	高	0.004
三月	同	同	0.13	低	高	< 0.001
四月	高	低	< 0.001	低	高	0.029
五月	高	低	< 0.001	低	高	0.002
六月	高	低	< 0.001	同	同	0.072
七月	高	低	< 0.001	同	同	0.683
八月	高	低	< 0.001	同	同	0.118
九月	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
十月	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
十一月	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
十二月	同	同	0.532	低	高	< 0.001
全年	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
產卵季	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
平均粒徑	細	粗	< 0.001	(n = 201)		
篩選度	小	大	< 0.001			

分析結果發現：

1. 望安今年度的氣溫(包括產卵季)會比蘭嶼來的高，但雨量卻較少。
2. 望安的沙灘顆粒較細，且較均勻。

3. 除了 3 及 12 月外，望安每月的氣溫要比蘭嶼來的高。

4. 除了 6 到 8 月外，蘭嶼每月的降雨量要高於望安島。

2. 生殖生態比較

2011 年望安與蘭嶼綠蠵龜生殖生態資料比較

母龜體長	SCL	望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.484$)	(n = 6)
母龜體長	CCL	望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.442$)	(n = 6)
母龜上岸時段		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.906$)	(n = 20)
母龜上岸次數		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 1.0$)	(n = 6)
母龜掘洞次數		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.104$)	(n = 6)
母龜掘洞成功率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.281$)	(n = 6)
母龜產卵次數		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.057$)	(n = 6)
母龜產卵成功率		望安 < 蘭嶼	($P = 0.042$)*	(n = 6)
母龜不在島上產卵機 率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.117$)	(n = 6)
母龜產卵間期		望安 > 蘭嶼	($P = 0.002$)**	(n = 20)
母龜產卵時段		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.463$)	(n = 20)
卵窩深度		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.278$)	(n = 19)
每窩所含龜卵數		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.181$)	(n = 23)
龜卵直徑		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.229$)	(n = 570)
龜卵重量		望安 > 蘭嶼	($P < 0.001$)***	(n = 570)
龜卵未授精率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.263$)	(n = 21)
龜卵孵化中死亡率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.375$)	(n = 21)
龜卵孵化率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.375$)	(n = 21)
龜卵孵化後死亡率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.128$)	(n = 21)
稚龜爬出率		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.145$)	(n = 21)
clutch survival rate		望安 ≎ 蘭嶼	($P = 0.132$)	(n = 21)

分析結果發現，望安的母龜產卵間期也較長，但產卵成功率較

低。然而，望安所產下的龜卵會較重。

(b)2012年

A.2012年蘭嶼島綠蠵龜生殖生物學調查結果

今年的調查結果列於表一中，產卵季調查是從7月2日至8月23日為止，也是產卵高峰期，今年調查的時間比往年略短一點是因為8月下旬的“天平”颱風兩度光臨蘭嶼島，以至於8月最後的調查根本無法執行。在這段時間裡，共有10頭母龜上岸產卵，僅有20%的產卵母龜曾經在蘭嶼產卵過(2頭)，這兩頭中一頭在2004及2008曾經在蘭嶼島產卵過，所以是每四年回來一次。另一頭則是在1999年曾經在蘭嶼島產卵過。

上岸母龜的平均體長為95.1公分背甲直線長及102.3公分背甲曲線長，母龜平均每隔約11天就上岸產卵一次，在本季中，所有的母龜共上岸75次，平均每頭母龜上岸8次。牠們共掘了111個洞，平均每頭母龜掘了11個洞，平均掘洞成功率為26%。所有的母龜共產下21窩卵，平均每頭母龜產下2窩卵。平均產卵成功率為36%。在本季中，75%的母龜會均在蘭嶼島上產卵，而在島上的產卵期間有86%的母龜會在第一次產卵的沙灘上岸找尋其產卵地。主要產卵的沙灘為小八代灣，其次為大八代沙灘。

在卵窩方面，平均每窩含104粒龜卵，而平均卵窩深度為65公

分。平均龜卵大小為：直徑 4.43 公分，重量 36.22 克。在孵化期間，平均未受精率為 17%，孵化中死亡率為 84%，因此孵化率為 16%，孵化後死亡率為 0%，而稚龜爬出率為 62%，clutch survival rate 為 4%，而 reproductive output 為 67525.5 kJ。由於 8 月底颱風過境兩次，導致調查被迫中斷，因此到工作站撤離時，均無法上沙灘工作，所以今年沒有稚龜孵化的資料。

表四、2012 年蘭嶼島海龜生殖生物學資料

產卵調查時間 7 月 2 日至 8 月 23 日

母龜

	平均值	標準差	重複組	總數
背甲直線長(cm)	95.1	4.1	10	
背甲曲線長(cm)	102.3	3.8	10	
產卵間隔(天)	11	1.1	9	
每頭母龜本季上岸次數	8	6	10	75
每頭母龜本季掘洞次數	11	12	10	111
母龜掘洞成功率(%)	26	20	10	
每頭母龜本季產卵次數	2	1	10	21
母龜產卵成功率(%)	16	29	10	
對第一次產卵沙灘的忠誠度(%)	86	26	10	
母龜不在蘭嶼島產卵的機率(%)	33	34	10	

卵窩及龜卵

平均每窩含卵數	104	23	23
卵窩原來深度(cm)	65	10.5	20
平均卵徑(cm)	4.43	0.15	660
平均卵重(g)	36.22	0.59	660

龜卵未受精率 (%)	17	29	21
龜卵被掠食率 (%)	0.2	1	21
龜卵孵化中死亡率 (%)	84	25	21
龜卵孵化率 (%)	16	17	21
龜卵孵化後死亡率 (%)	0	0	21
稚龜爬出率 a (%)	62	50	21
Clutch survival (%)	4	9	21
Reproductive output (kJ)	67525.5		

爬痕與卵窩分布

	開闊沙灘	沙草交界	草地	草林交界	沙林交界
爬痕頂點 (%)	42	12	0	4	31
卵窩所在 (%)	13	22	0	9	57

沙灘顆粒分析

	平均值	標準差	重複組	性質
平均粒徑 (mm)	1.44	0.36	66	礫石
篩選度	0.97	0.2	66	moderately sorted

B. 產卵母龜血清生化學資料

表五、母龜血清生化學資料。

參數	平均值±標準偏差	重複組
TP (g/dl)	4.52±0.74	6
Albumin (g/dl)	2.03±0.31	6
Globulin (g/dl)	2.39±0.42	6
A/ G ratio	0.72±0.26	6
AST (U/L)	85.67±18.54	6
ALT (U/L)	1±0	6
ALP (U/L)	28.17±4.36	6
LDH (U/L)	206 ±67.63	6
Glucose (mg/dl)	90.17±21.37	6

Cholesterol (mg/dl)	270.7±59.1	6
Triglyceride (mg/dl)	1316.2±706.8	6
Calcium (mg/dl)	12.12±1.28	6
Creatinine (mg/dl)	0.1±0	6
BUN (mg/dl)	2.92±2.17	6
Uric acid (mg/dl)	0.98±0.39	6
Na ⁺ (mEq/L)	141.68±4.86	6
K ⁺ (mEq/L)	4.36±0.26	6
Cl ⁻ (mEq/L)	1068 ±.83	6

將本季的血漿生化值與台灣野生綠蠵龜之成龜的參考值(表三)相較後也發現，Triglyceride 比參考值來的高及 BUN 比參考值來的低，這些差異均與母龜的產卵行為有關。

C. 經營管理

在經營管理方面，去年的光害問題依然無解，蘭嶼鄉公所及海洋國家公園管理處，均不再提及這個問題。目前該區有多了幾家民宿，這個問題將會完全無解，蘭嶼的產卵母龜還真可憐！我想這是部分海龜會遷到大八代陰暗處產卵的主因。不過有趣的是，今年暑假沙灘上的遊客明顯比以往年少，據說導遊間達成共識，當沒有海龜上岸時，就不再帶遊客下沙灘。此外，部分的遊客在聽學生說，等海龜會很久，可能無法進行其牠的夜觀活動時，就不太願意下沙灘。部分的遊客也覺得吵到海龜產卵是不對的，也不下來。因此，沙灘上今年安靜很多。

8月下旬的“天平”颱風雖然對蘭嶼造成一些傷害，但情況不如

報導的嚴重，僅有一、兩天就恢復正常生活。在該島工作的學生，雖然因颱風被困了兩天，但也在第三天下午搭第一班飛機返台，完全不像報導般的悲慘。

D. 蘭嶼和望安比較

I. 氣候環境參數

	氣溫			降雨量		
	望安	蘭嶼	<i>p</i> 值	望安	蘭嶼	<i>p</i> 值
一月	低	高	< 0.001	低	高	< 0.001
二月	低	高	< 0.001	低	高	0.004
三月	同	同	0.13	低	高	< 0.001
四月	高	低	< 0.001	低	高	0.029
五月	高	低	< 0.001	低	高	0.002
六月	高	低	< 0.001	同	同	0.072
七月	高	低	< 0.001	同	同	0.683
八月	高	低	< 0.001	同	同	0.118
九月	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
十月	高	低	< 0.001	低	高	0.001
十一月	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
十二月	沒有資料			沒有資料		
全年	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
產卵季	高	低	< 0.001	低	高	< 0.001
平均粒徑	同	同	0.615	(n = 201)		
篩選度	小	大	< 0.001	(n = 201)		

分析結果發現：

1. 望安今年度的氣溫(包括產卵季)會比蘭嶼來的高，但雨量卻較少。
2. 望安的沙灘顆粒較不均勻。
3. 除了3及12月外，望安每月的氣溫要比蘭嶼來的高

4. 除了6到8月外，蘭嶼每月的降雨量要高於望安島

5. 從4月到11月，望安的氣溫會比蘭嶼來的高

II. 生殖生態比較

2012 年望安與蘭嶼綠蠵龜生殖生態資料比較

母龜體長	SCL	望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.623$)	(n = 12)
母龜體長	CCL	望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.39$)	(n = 12)
母龜上岸時段		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.85$)	(n = 19)
母龜上岸次數		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.319$)	(n = 14)
母龜掘洞次數		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.059$)	(n = 14)
母龜掘洞成功率		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.982$)	(n = 14)
母龜產卵次數		望安 > 蘭嶼 ($P = 0.002$)**	(n = 14)
母龜產卵成功率		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.415$)	(n = 14)
母龜不在島上產卵機 率		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.21$)	(n = 14)
母龜產卵間期		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 19)
母龜產卵時段		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.082$)	(n = 31)
卵窩深度		望安 ≍ 蘭嶼 ($P = 0.613$)	(n = 37)
每窩所含龜卵數		望安 > 蘭嶼 ($P = 0.022$)*	(n = 1020)
龜卵直徑		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 1020)
龜卵重量		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 29)
龜卵未授精率		蘭嶼 > 望安 ($P = 0.002$)**	(n = 29)
龜卵孵化中死亡率		蘭嶼 > 望安 ($P < 0.001$)***	(n = 29)
龜卵孵化率		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 29)
龜卵孵化後死亡率		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 29)
稚龜爬出率		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 29)
clutch survival rate		望安 > 蘭嶼 ($P < 0.001$)***	(n = 29)

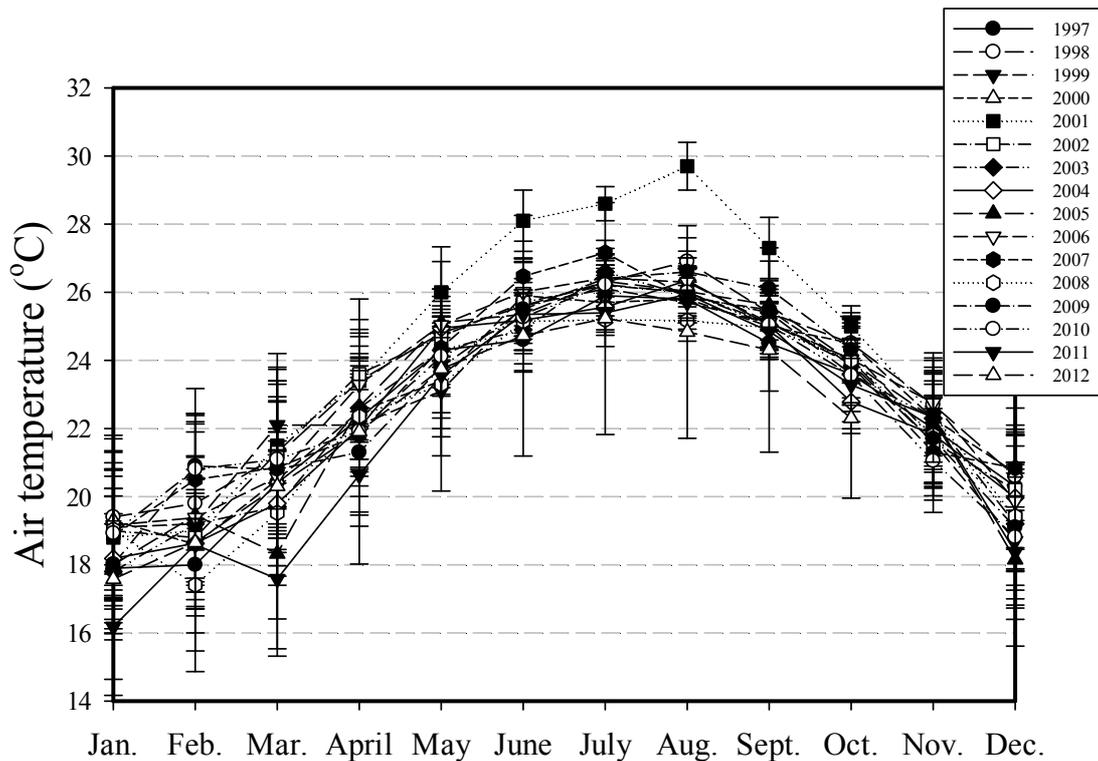
分析顯示，1. 望安母龜的產卵次數較多，產卵間期也較長。

2. 望安的龜卵會較大且重，卵窩較深。

3. 望安龜卵的孵化情形較好，這和孵化環境有關。由於今年蘭嶼島的龜卵於孵化中的死亡率都比以往高很多，孵化率卻低很多，因此孵化環境變的差很多，這可能與小八代灣沙灘的干擾很大，因此所有的卵窩均須移位到東清灣。同時，為了避開人們的注意力，卵窩都被迫埋在不太合適的地點，才會造成不佳的孵化情形。

E. 長期的環境變化

a. 氣溫



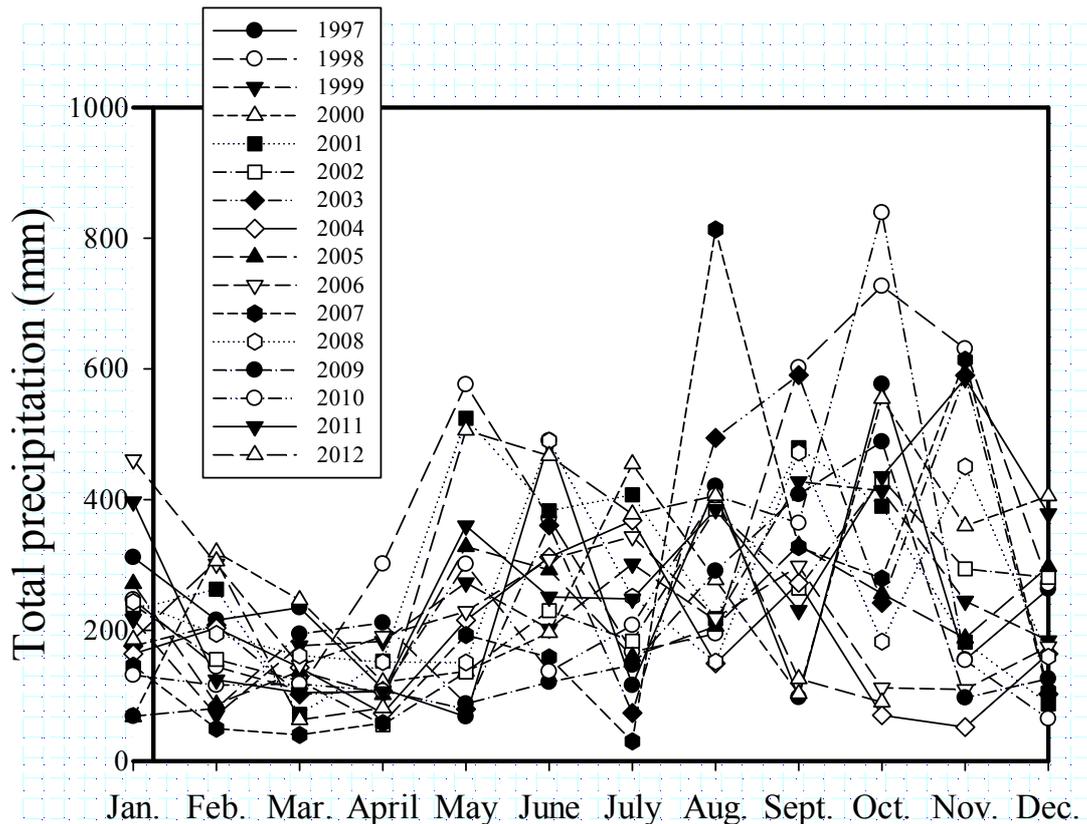
圖一、1997 到 2012 年蘭嶼島氣溫月變化圖。

統計分析(one-way ANOVA)顯示，1998 年的氣溫會高於 1997、2004、2008 及 2011 年之值；2006 及 2007 年的氣溫會高於 2008 及 2011

年之值;及 2001、2002、2005 及 2009 年的氣溫會高於 2011 年之值。

在各年間以 1998 年的氣溫為最高，而 2011 年的氣溫為最低($p < 0.001$)。

b. 降雨量



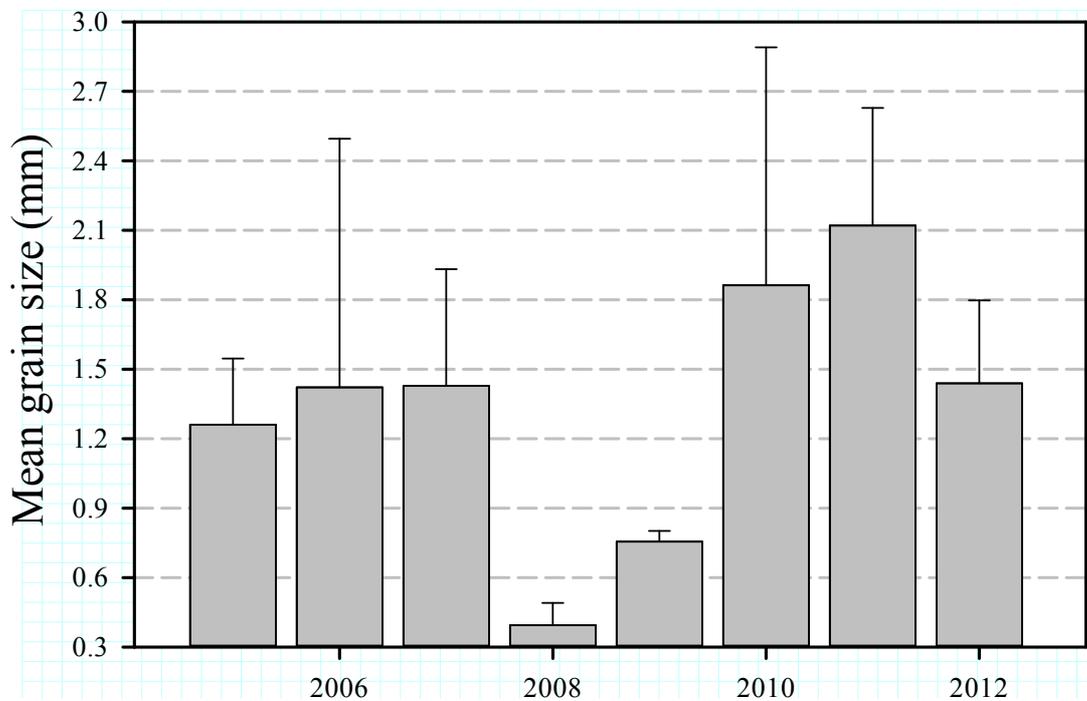
圖二、1997 到 2012 年蘭嶼島總降雨量月變化圖。

由圖二可看出，蘭嶼島的雨季在秋、冬兩季，而春季則為旱季。

統計分析(one-way ANOVA)顯示，1998 年的降雨量會高於 2003、2004 及 2009 年。在各年間以 1998 年的降雨量為最高，而 2009 年的降雨量為最低($p < 0.001$)。這些結果顯示，2008 年為調查期間溫度最高，降雨量也最多的一年。

c. 沙灘顆粒特性

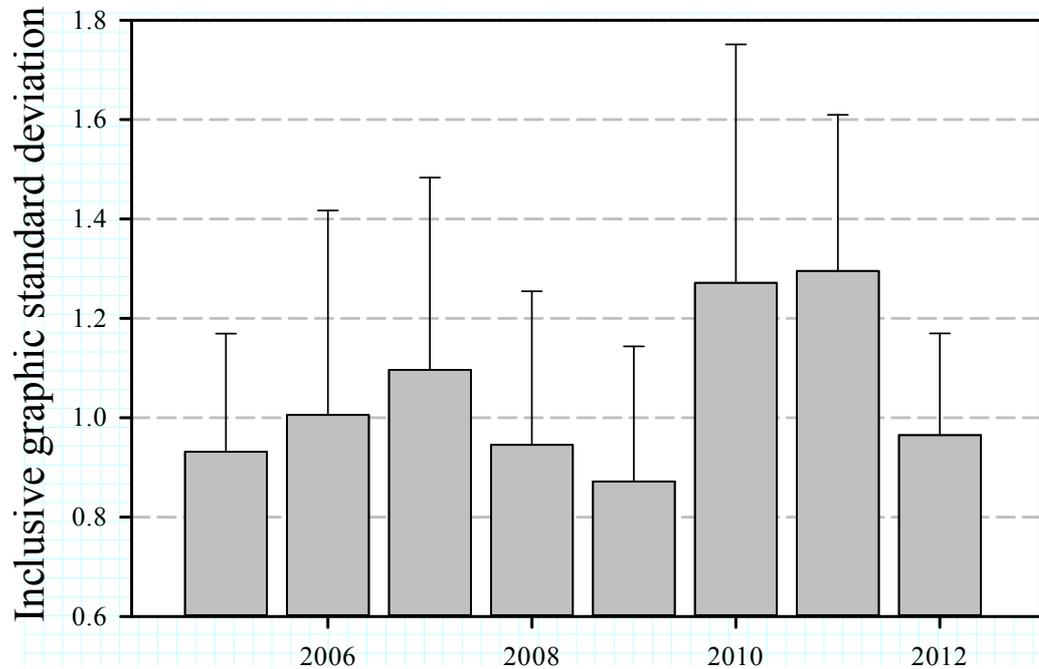
調查發現，蘭嶼沙灘平均粒徑大小介於 0.39 到 2.12 釐米之間 (圖一)。統計分析(one-way ANOVA)發現，除 2010 年外，2011 年的粒徑會大於其他各年之值;2005 到 2007、2010 及 2012 年的平均粒徑會大於 2008 及 2009 年之值，且 1998 年的平均粒徑會大於 2008 年之值，在各年中，平均粒徑最粗的是 2011 年，最細的是 2008 年 ($p < 0.001$)。



圖三、2005 到 2012 年間蘭嶼沙灘平均粒徑值。

而沙灘顆粒篩選度(inclusive graphic standard deviation)則介於 0.87 到 1.3 之間(圖四)。統計分析(one-way ANOVA)發現，2010 及 2011 年之值會大於其他各年之值;2007 年之值會大於 2005、2008 及 2009 年之值，而 2009 年之值會小於 2005 到 2007 年級 2010 到 2012 年之值，

在各年中，顆粒分布最均勻的是 2009 年，而最不均勻的是 2011 年 ($p < 0.001$)。



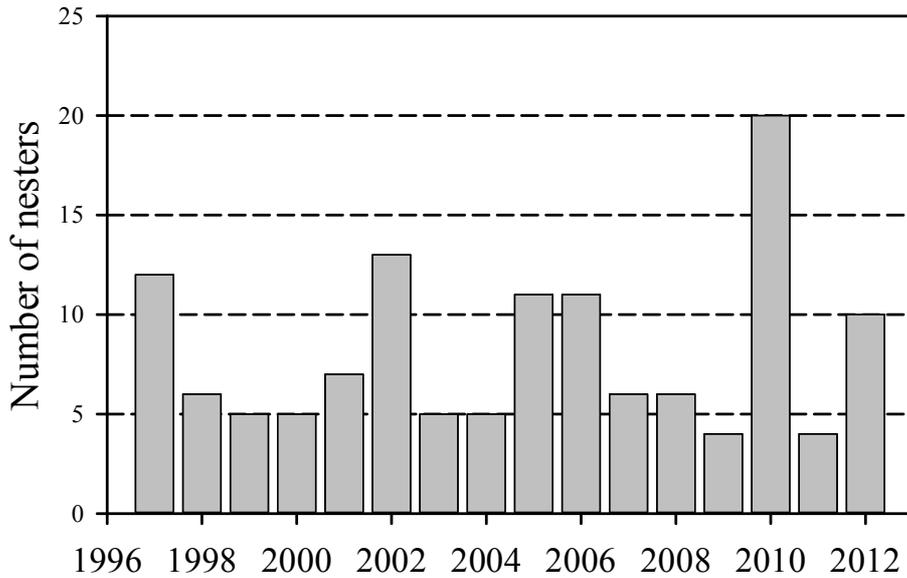
圖四、2005 到 2012 年間蘭嶼沙灘粒徑篩選度值。

III.1997 到 2012 年間生殖生態學的變化

a. 母龜產卵行為

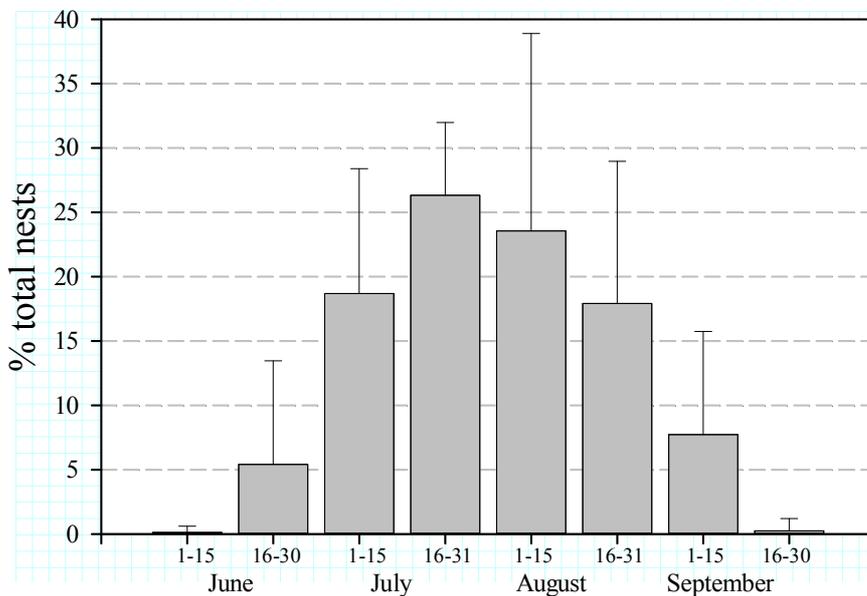
在調查期間發現，上岸產卵的母龜數量介於 4 到 21 頭(圖五)。

1997-2012 Lanyu Seasons



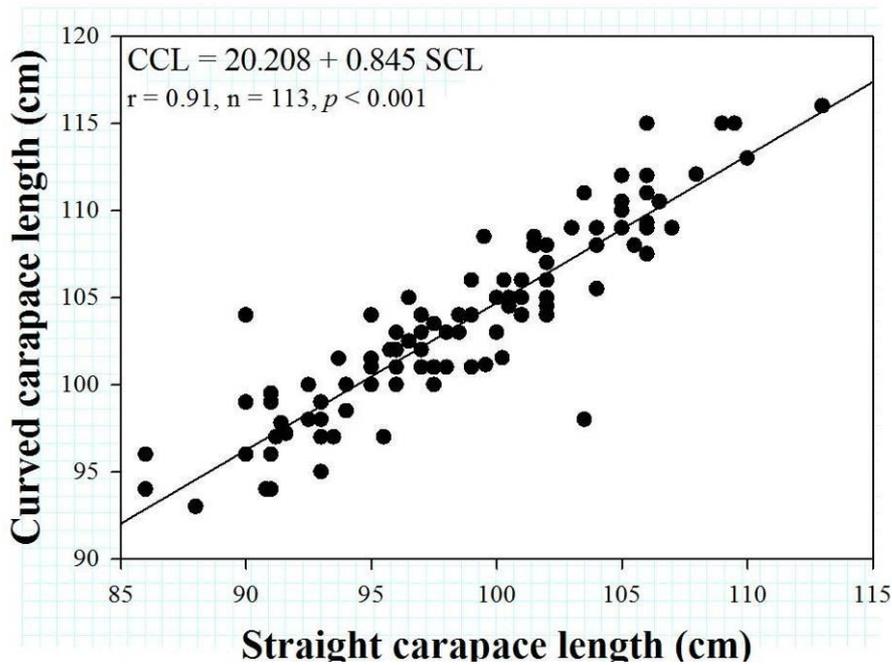
圖五、1997 到 2012 年蘭嶼母龜上岸產卵之數量。

在調查期間發現，母龜產卵季集中於七、八兩月(圖六)，不同年間在同一時段內(每半個月)，所產卵數量的比例相仿($p = 1.0, n = 16$)。



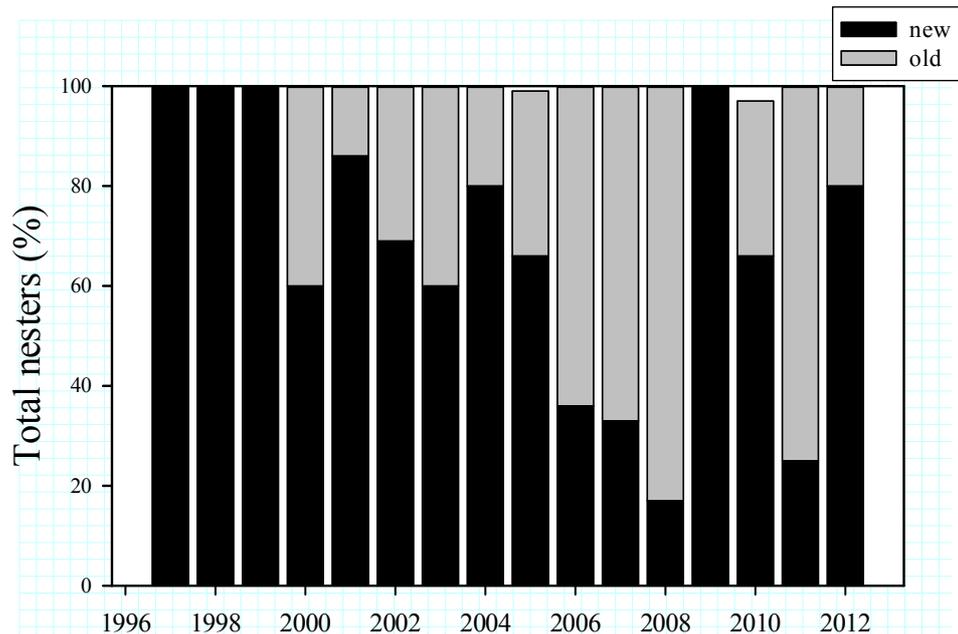
圖六、1997 到 2012 年間之母龜產卵季圖。

上岸母龜的體長為 98.2 ± 2.3 公分背甲直線長($n = 16$)，及 103 ± 1.9 公分背甲曲線長($n = 16$)，兩因子間呈一線性關係 (圖七)。



圖七、1997 到 2012 年間母龜背甲直線長與背甲曲線長間的關係。

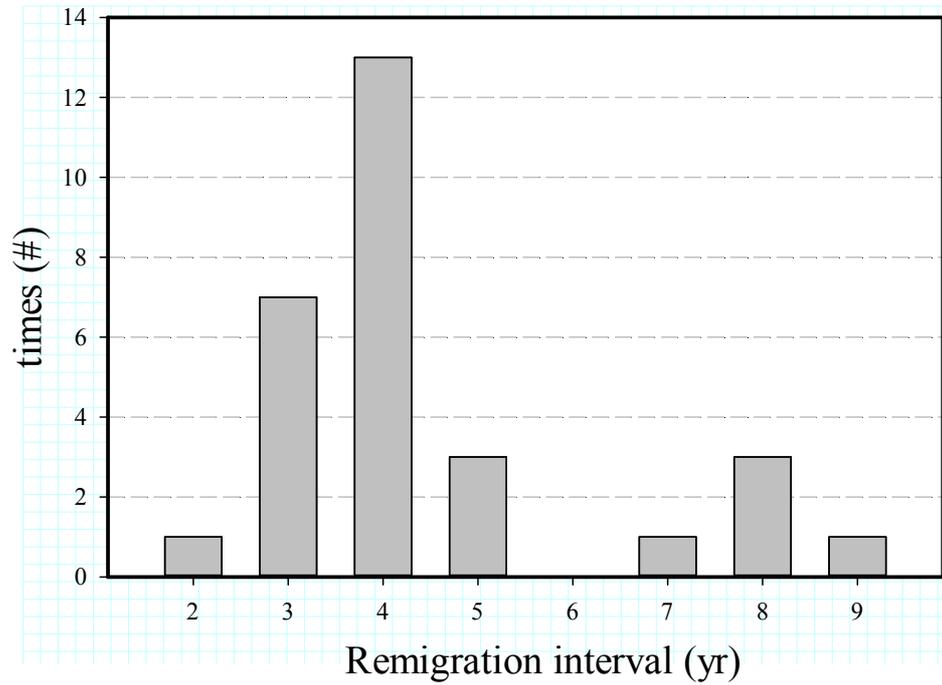
每年上岸的母龜中，有 0 到 75% 的曾經在蘭嶼島上產卵過(圖八)。



圖八、1997 到 2012 年間新龜(未曾上岸過)及舊龜(曾經上岸過)之變化圖。

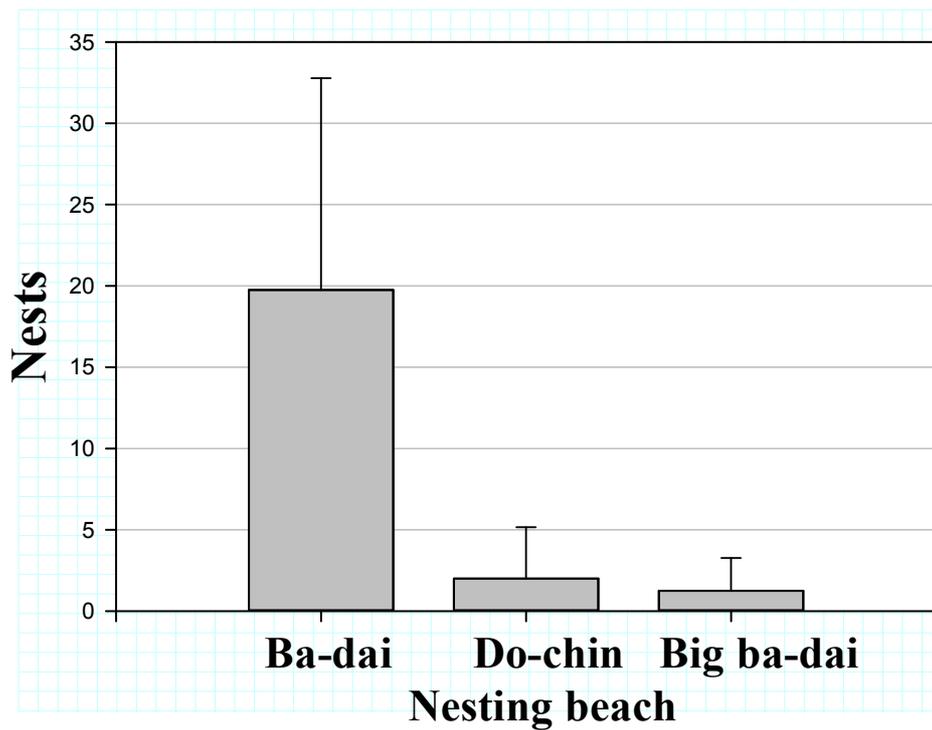
根據母龜上標的資料顯示，產卵母龜每隔 2 到 9 年會回到蘭嶼島產

卵，平均為 4.5 ± 1.8 年 ($n = 29$; 圖九)。



圖九、1997 到 2012 年間產卵母龜再度回到蘭嶼島產卵的時間分布圖。

在產卵季中，母龜主要選擇在小八代灣沙灘上產卵 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA; 圖十)。



圖十、蘭嶼島上卵窩分布圖，Ba-dai:小八代，Do-chin:東清灣，Big ba-dai:大八代。

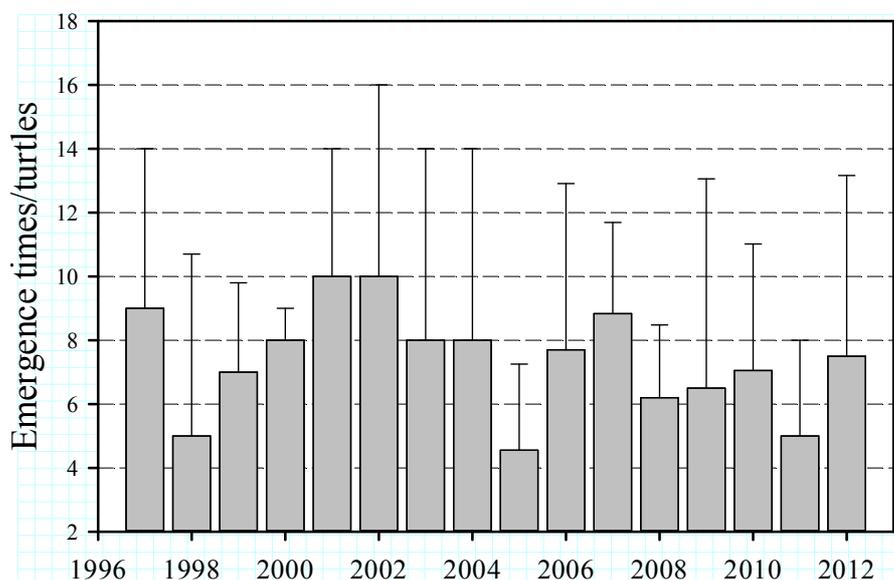
而有 96% 的母龜會再度回到第一次產卵的沙灘(小八代沙灘)找尋其產卵地，這顯示小八代灣沙灘的保育，對蘭嶼島上產卵母龜的存續，有絕對的影響。

表六、蘭嶼島上母龜於產卵季中，回到第一次產卵沙灘、鄰近沙灘及其他沙灘去找尋其產卵地的機率

	平均值	標準偏差	重複組
同一沙灘	96	12	128
鄰近沙灘	3	11	128
其他沙灘	2	7	128

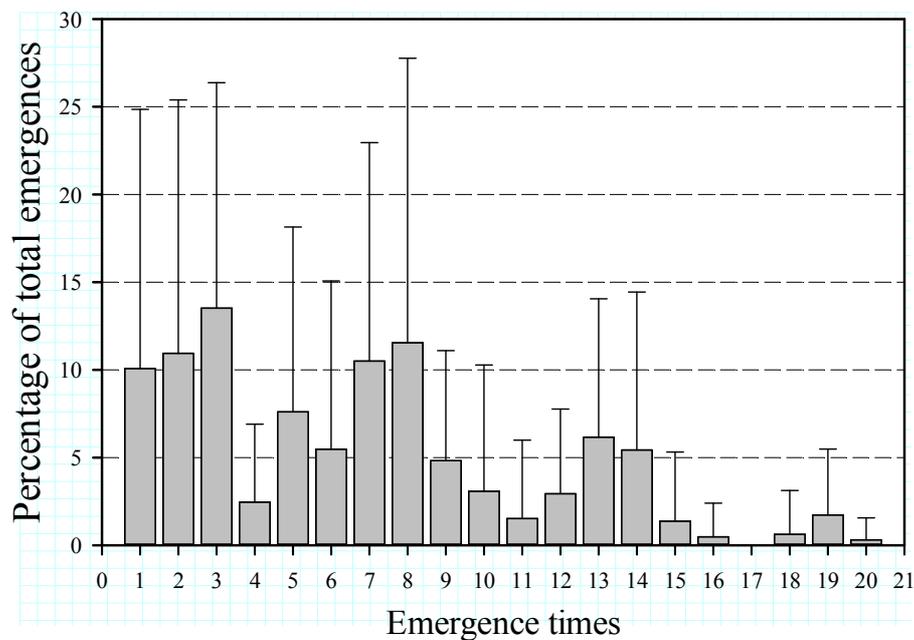
在產卵季中，每頭母龜每年平均上岸 4 到 16 次(圖十一)，統計分

析顯示無年間的差異存在 ($p = 0.11$, $n = 16$, One-way ANOVA)。



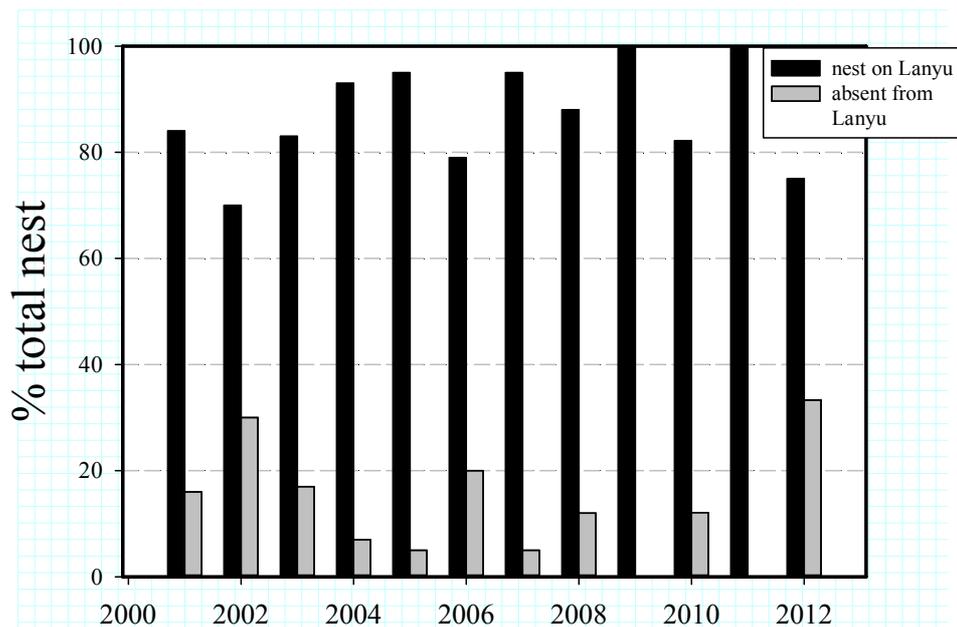
圖十一、1997 到 2012 年間，在蘭嶼島上，每頭母龜每年平均上岸次數圖。

分析顯示 77% 的母龜會上岸 1 到 8 次(圖十二)。



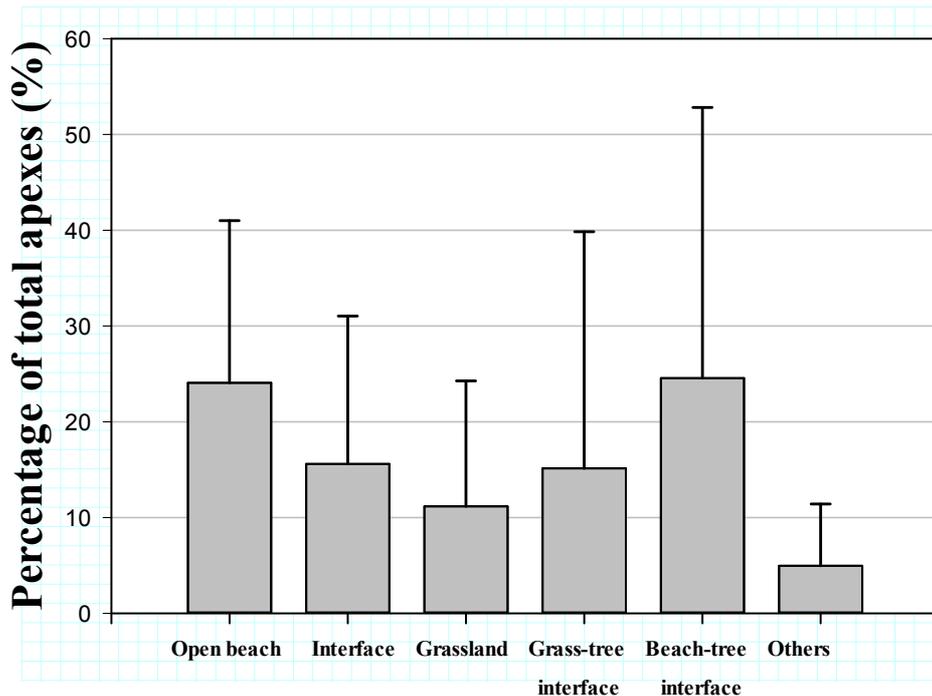
圖十二、1997 到 2012 年間蘭嶼島上產卵每頭母龜上岸次數之分布圖。

我們同時發現，在產卵季中有 $13\pm 11\%$ 的母龜不會在蘭嶼島產卵 (圖十三)，這個比例比理論的 5% 要大很多，因此懷疑與蘭嶼島的人為干擾大有關。然而，因蘭嶼島附近並沒有適合的產卵島嶼，目前並不清楚牠會去那裡產卵。



圖十三、2001 到 2012 年間母龜於產卵季中在蘭嶼島產卵與不產卵的比例圖。

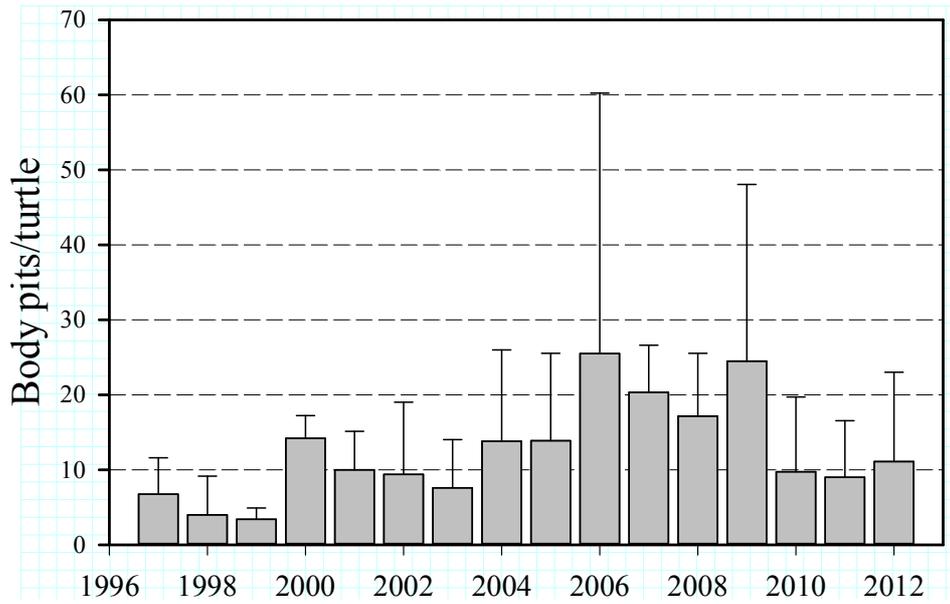
在沙灘上，有 64% 的爬痕頂點位於開闊沙灘、沙草交界及沙林交界處 (圖十四)，



圖十四、1997 到 2012 年間蘭嶼島上母龜爬痕頂點分布圖，其中 open beach: 開闊沙灘，interface:沙草交界，grassland:草地，grass-tree interface: 草林交界，beach-tree interface:沙林交界，others:其他地區，主要指礫石灘。

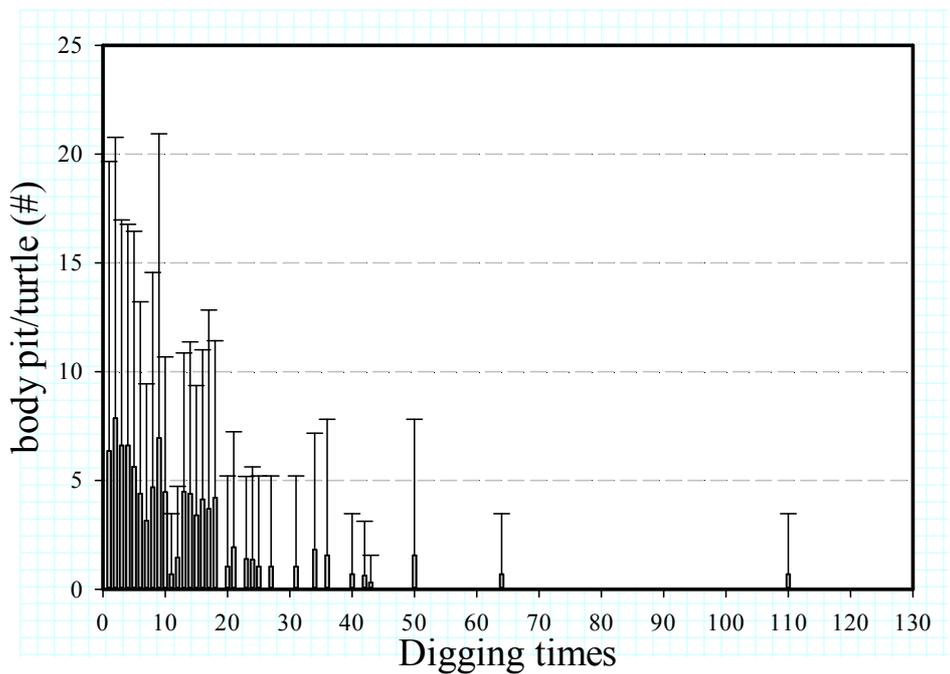
統計分析顯示，在開闊沙灘的爬痕頂點比例會比礫石灘來的高，這主要是因為母龜多會爬過礫石灘，到達開闊沙灘後，才會決定返回大海或是找尋其產卵地。

於產卵季中，平均每頭母龜在上岸後每次會掘 3 到 26 個洞(圖十五)，統計分析顯示，母龜在 2007 年的掘洞次數比 1998 年來的多 ($p = 0.007$, $n = 16$, One-way ANOVA)。



圖十五、1997 到 2012 年間平均每頭母龜在上岸後會掘洞的次數圖。

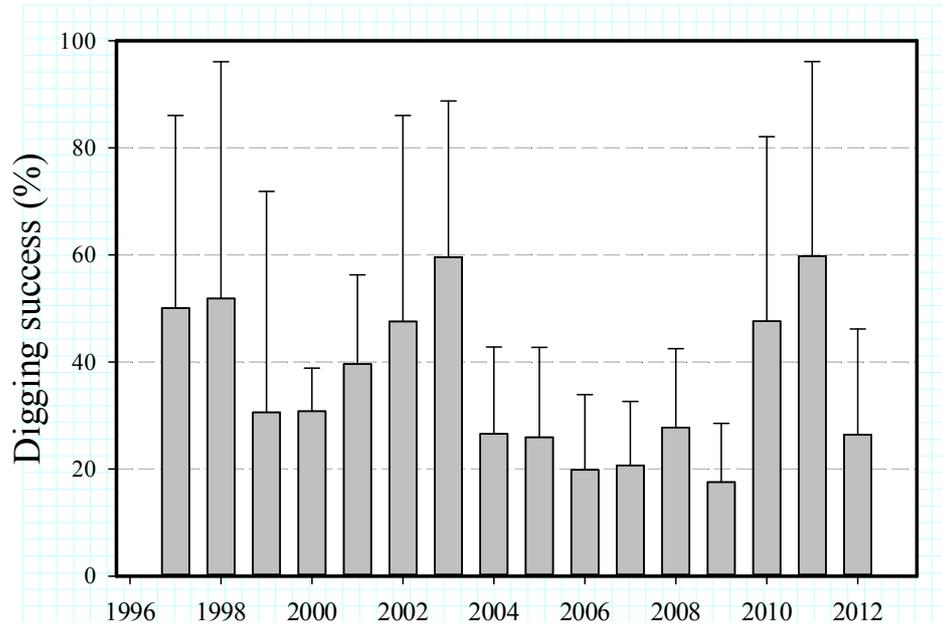
分析顯示，68%的母龜在上岸後會掘 1 到 14 個洞(圖十六)。



圖十六、1997 到 2012 年間母龜上岸後的掘洞次數分布圖。

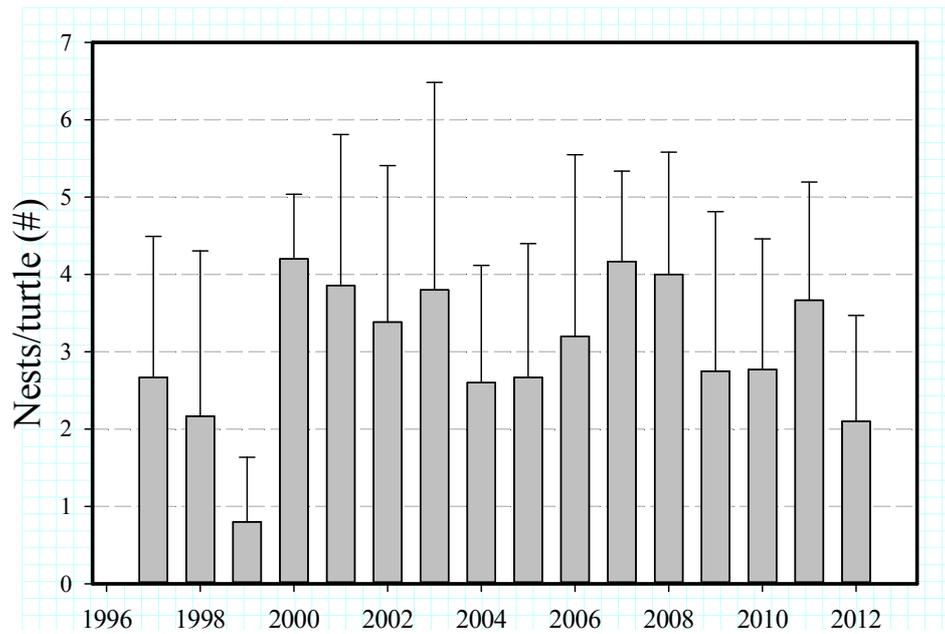
而每季平均掘洞成功率(定義為每掘一個洞就會成功產卵的機率)介於 18%到 60%之間(圖十七)，統計分析顯示年間有顯著差異存在($p =$

0.034, $n = 16$, One-way ANOVA), 但兩兩相較下, 卻無任何兩年的差異存在, 這顯示兩年間的差異不大。



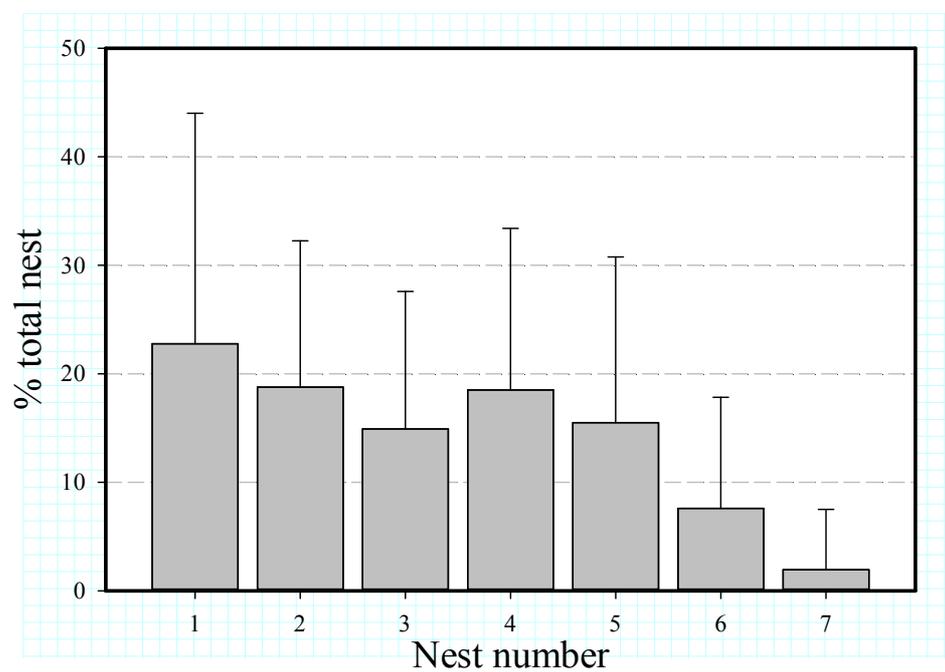
圖十七、1997 到 2012 年間母龜在沙灘上的平均掘洞成功率。

於產卵季中, 平均每頭母龜產下 1 到 4 窩卵(圖十八), 統計分析顯示無年間的差異存在 ($p = 0.065$, $n = 16$, One-way ANOVA)。



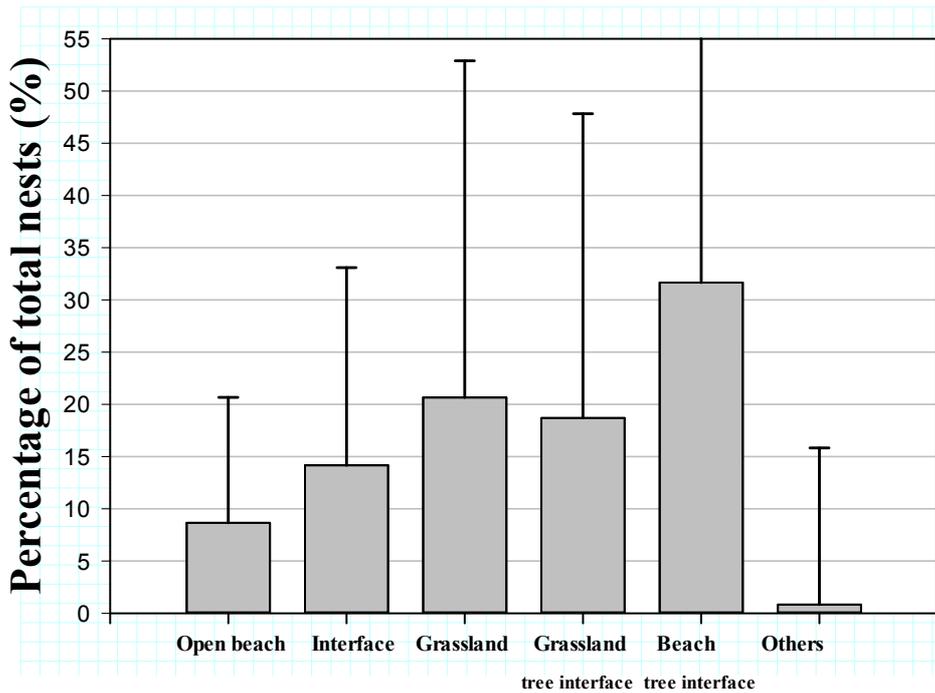
圖十八、1997 到 2012 年間母龜在沙灘上的平均產卵次數。

分析顯示，75%的母龜會產下 1 到 4 窩卵(圖十九)。



圖十九、1997 到 2012 年間母龜在沙灘上的產卵次數分布圖。

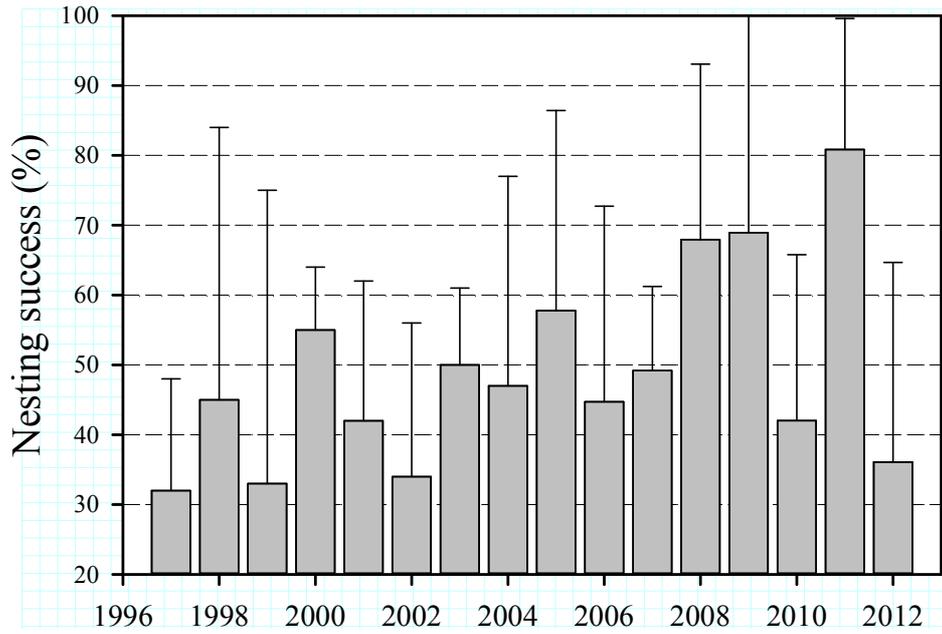
分析也顯示，71%的卵窩會位於草地、沙草交界及沙林交界處(圖二十)。



圖二十、1997 到 2012 年間蘭嶼島上卵窩位置分布圖。

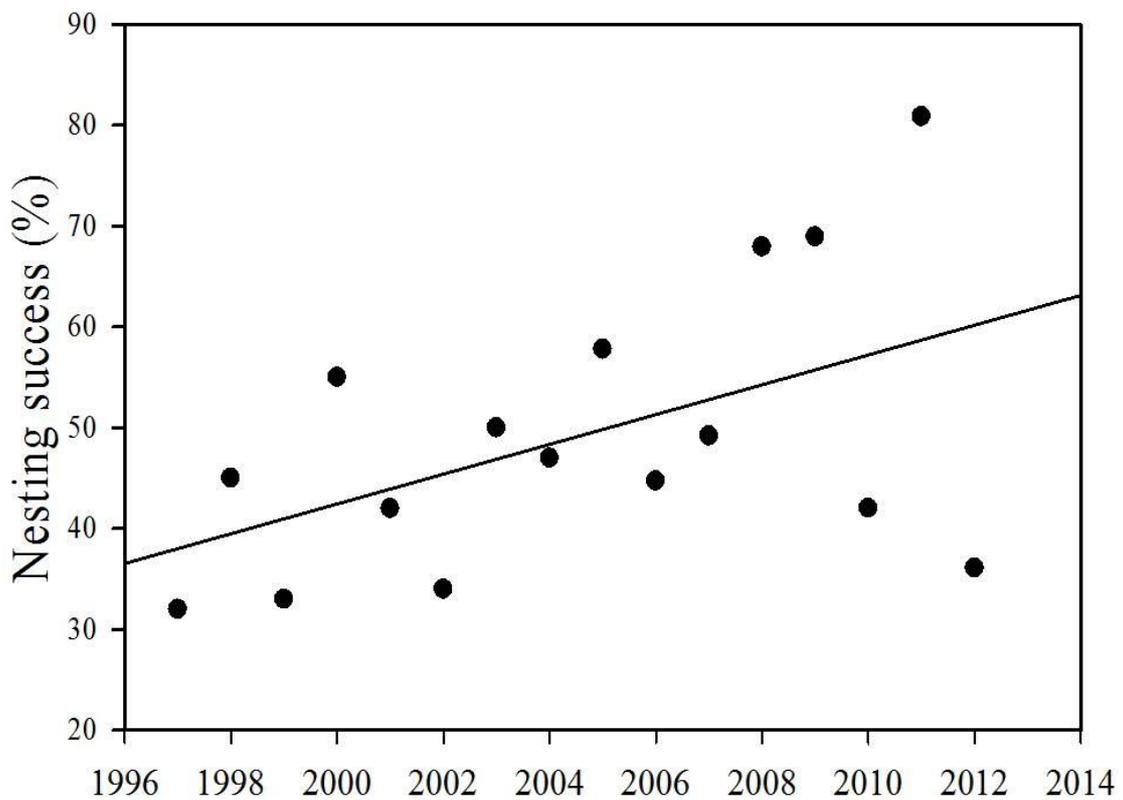
統計分析顯示，母龜在沙林交界處產卵的機率要大於礫石區 ($p = 0.007$, $n = 16$, One-way ANOVA)，這個結果無需特別解釋。

而每季平均產卵成功率(定義為每上岸一次就會成功產卵的機率)介於 32%到 81%之間(圖二十一)，統計分析顯示年間有顯著差異存在($p = 0.043$, $n = 16$, One-way ANOVA)，但兩兩相較下，卻無任何兩年的差異存在，這顯示兩年間的差異不大。



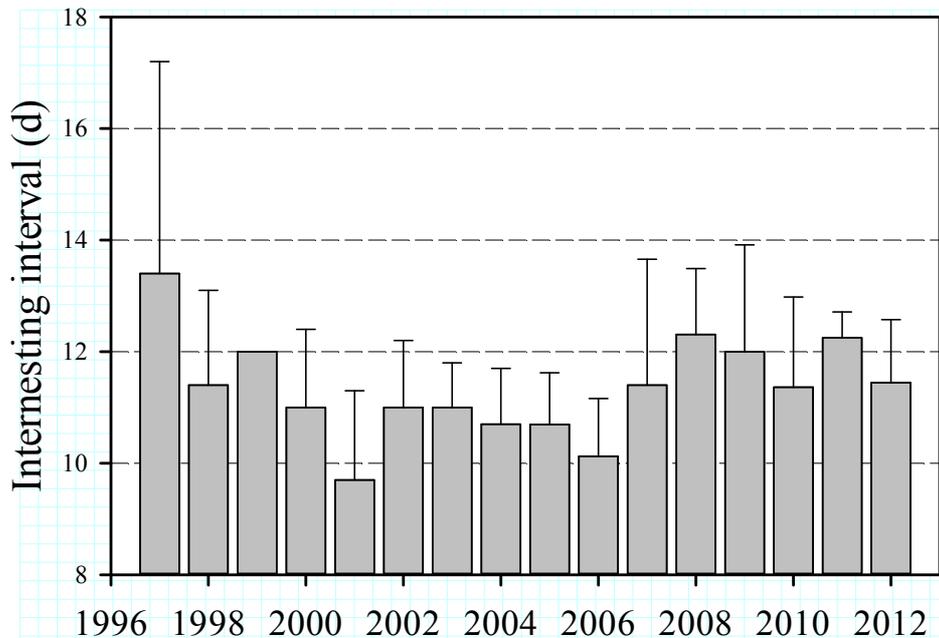
圖二十一、1997 到 2012 年間蘭嶼島上母龜平均產卵成功率。

然而，分析也發現，產卵成功率有逐年增加的趨勢($\text{Arcsin}(\text{產卵成功率}/100) = -30.21 + 0.0155(\text{年})$, $n = 16$, $r = 0.505$, $p = 0.046$; 圖二十二)。



圖二十二、1997 到 2012 年間蘭嶼島上母龜產卵成功率的變化趨勢。

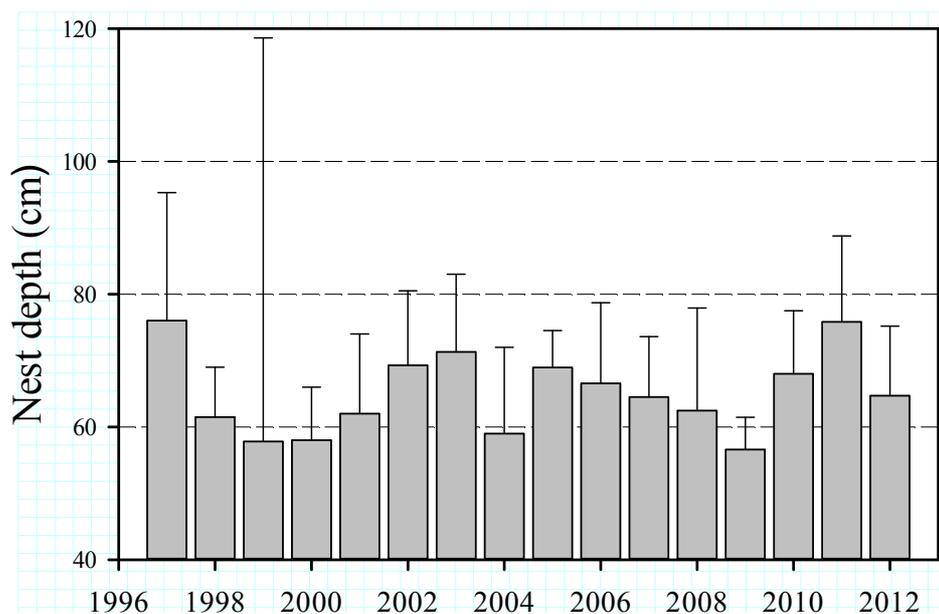
母龜每年於兩次產卵期間的平均時間距(天;又稱為產卵間期)介於 11 到 13 天(圖二十三)，



圖二十三、1997 到 2012 年間蘭嶼島上母龜的平均產卵間期長(天)。

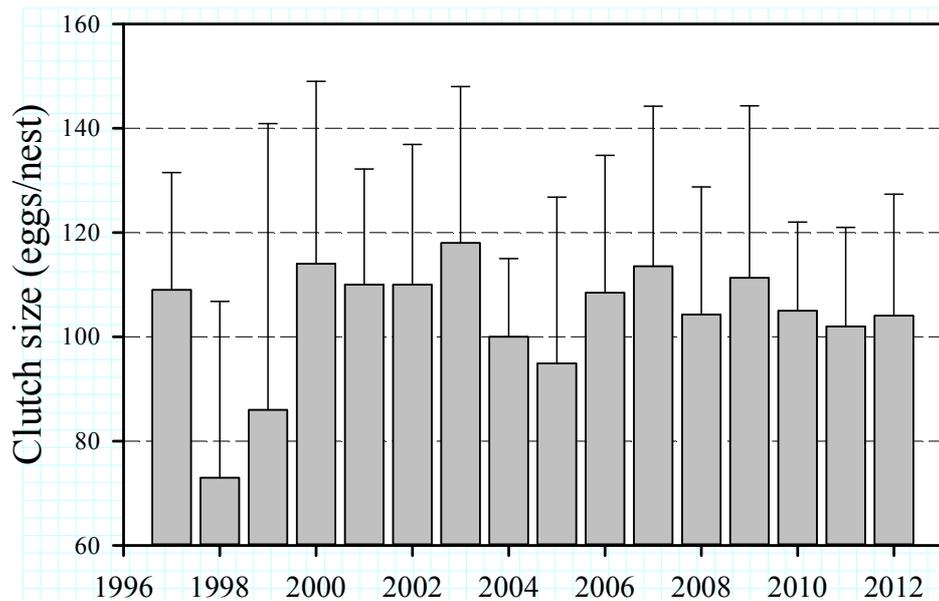
統計分析顯示，2011 年的間期時間會長於 2001 及 2006 年($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)。

蘭嶼島上每年的平均卵窩深度介於 58 到 76 公分間(圖二十四)，統計分析顯示，卵窩深度在 1997、2003 及 2011 年會比 2006 年來的深 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)。



圖二十四、1997 到 2012 年間蘭嶼島上之卵窩平均深度圖。

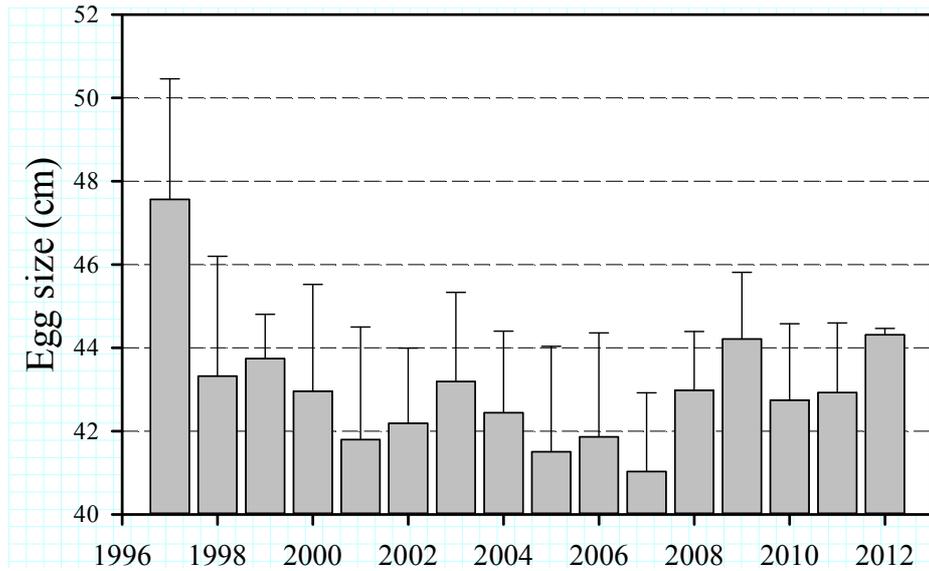
每年每窩所含的平均龜卵數(clutch size)介於 73 到 114 粒之間(圖二十五)，調查期間母龜每季產下 354(1999 年)到 5565(2010 年)粒龜卵，共計 35412 粒龜卵。統計分析顯示無年間的差異存在 ($p = 0.206$ ， $n = 16$, One-way ANOVA)。



圖二十五、1997 到 2012 年間蘭嶼島上每窩所含的平均龜卵數。

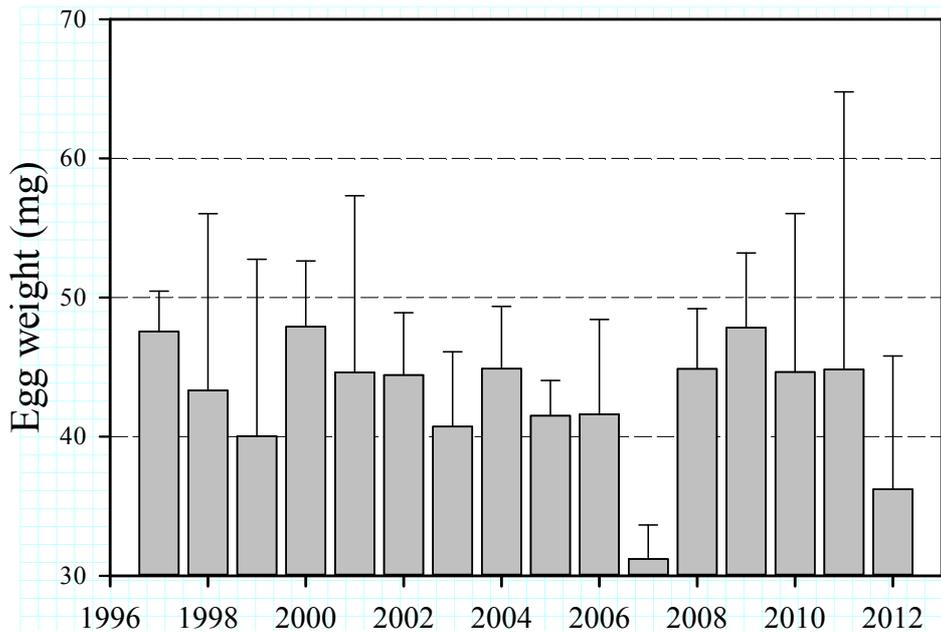
b. 龜卵的孵化生理

在調查期間，每季每粒龜卵的平均直徑介於 41.5(2005 年)到 47.6(1997 年)公分(圖二十六)，統計分析顯示，龜卵直徑在年度間有顯著的差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)，進一步做 Dunn's 兩組相較後得知；1997 及 2009 年之龜卵會大於 1997 年，再大於 2009 年之值，而這幾年的卵徑又會大於其他各年度之值。2001、2002、2004、2008 及 2010 年之卵徑會大於 2003、2005 到 2007、2011 及 2012 年之值。1999 年之卵徑會大於 2003、2005 到 2007 年及 2011 年之值。1998、2006 及 2012 年之卵徑會大於 2003、2005、2007 及 2011 年之值。2006 及 2007 年之卵徑會大於 2011 年之值。而在調查期間發現 1997 年的龜卵為最大，而 2005 年的最小。



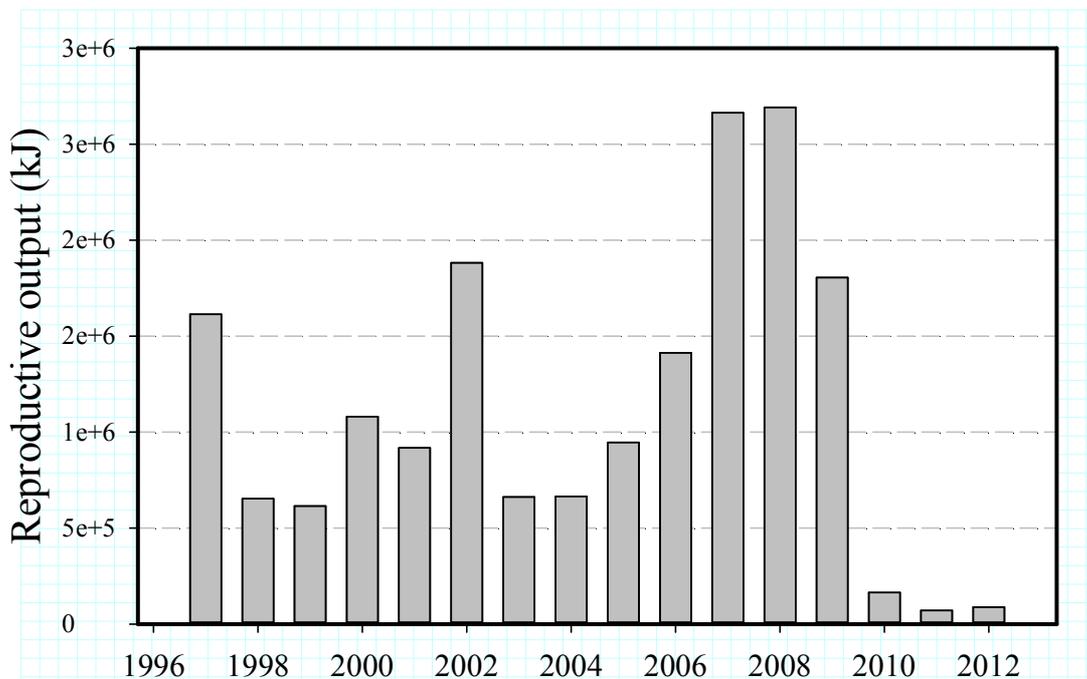
圖二十六、1997 到 2012 年間蘭嶼島上龜卵平均粒徑大小。

分析也發現，每季每粒龜卵的平均重量介於 31.2(2007 年)到 47.9(2000 年)公克(圖二十七)，統計分析顯示，龜卵直徑在年度間有顯著的差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)，進一步做 Dunn's 兩組比較後得知;1997 的龜卵最重。除 1997 年外，1999、2012 及 2009 年之龜卵比其他各年都重。1999 年的龜卵比 2001、2002、2004 到 2007、2010 及 2011 年之龜卵來的重。1998、2000、2003 及 2012 年之龜卵比 2001、2002、2004 到 2007 及 2010 年之龜卵來的重。2008 年的龜卵比 2001、2002、2004 到 2007 年之龜卵來的重。2010 及 2011 年的龜卵比 2001、2002、2005 到 2007 年之龜卵來的重。2004 年的龜卵比 2001、2002、2005 及 2006 年之龜卵來的重。2002 年的龜卵比 2001 及 2005 年之龜卵來的重。2007 年的龜卵比 2005 年之龜卵來的重。在調查期間發現，2005 年的龜卵為最輕。



圖二十七、1997 到 2012 年間蘭嶼島上龜卵平均重量。

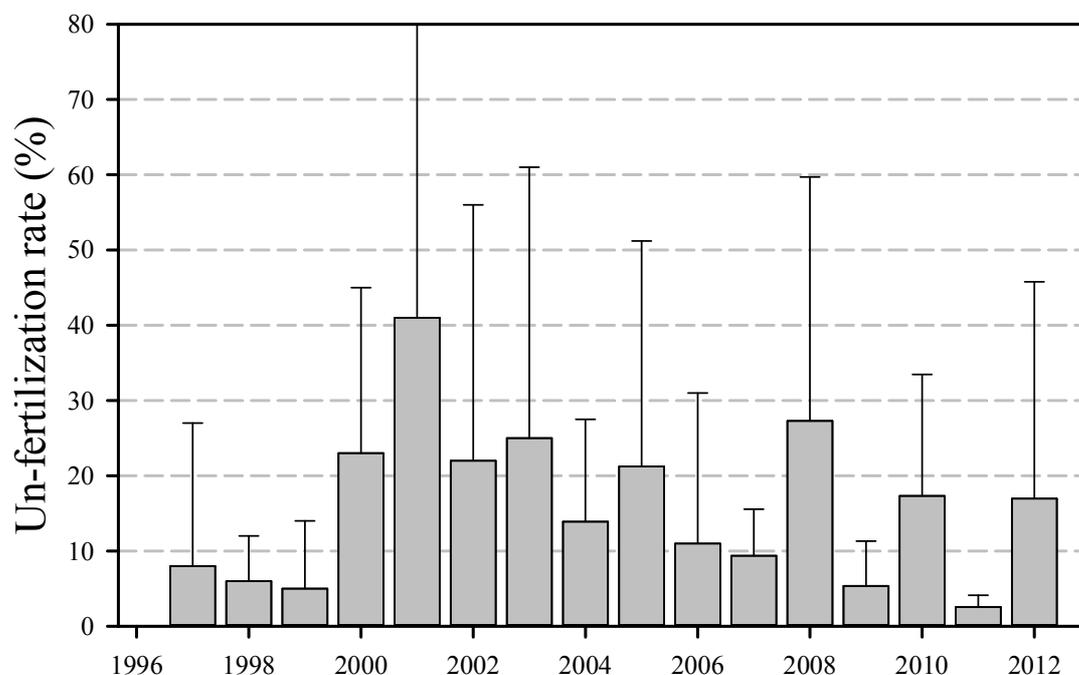
由以上的資料可算出，每季母龜的 reproductive output 介於 70868 (2010 年)到 188209(2002 年)之間 (圖二十八)。



圖二十八、1997 到 2012 年間 reproductive output (kJ)。

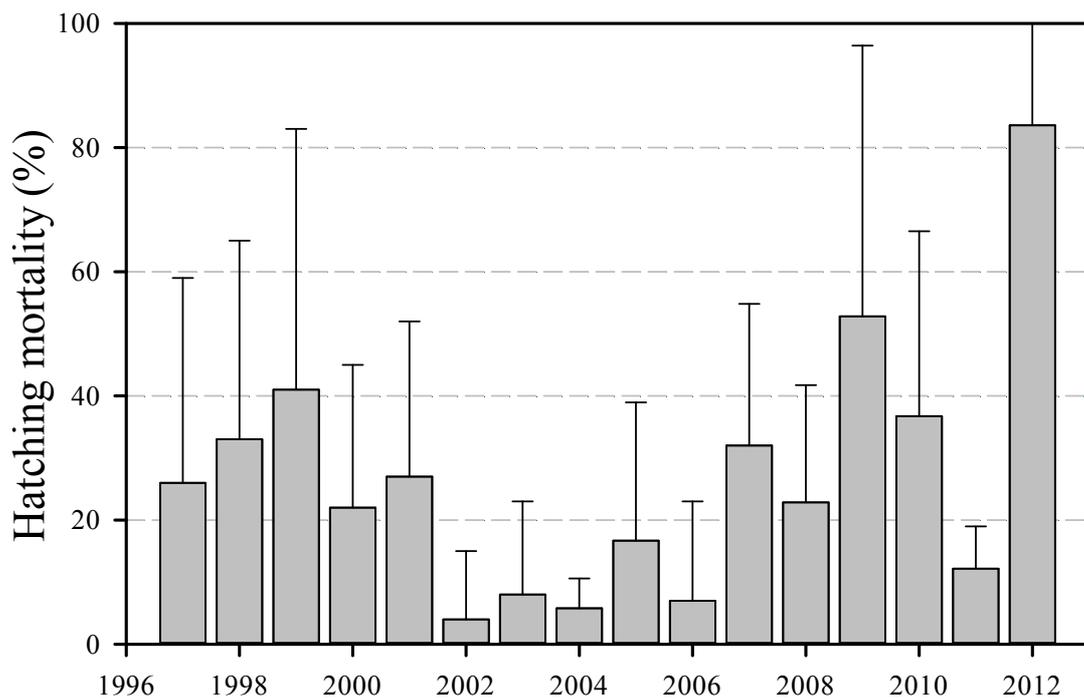
在孵化過程中，每年龜卵的平均未受精率介於 3%到 27%之間(圖二十

九)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p = 0.002$, $n = 16$, One-way ANOVA), 但兩兩相較下, 卻無任何兩年的差異存在, 這顯示兩年間的差異不大。



圖二十九、1997 到 2012 年間蘭嶼島上龜卵未受精率。

而每年龜卵的平均孵化中死亡率介於 4%到 84%之間(圖三十)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2012 年之值大於 2002 到 2006 年之值。

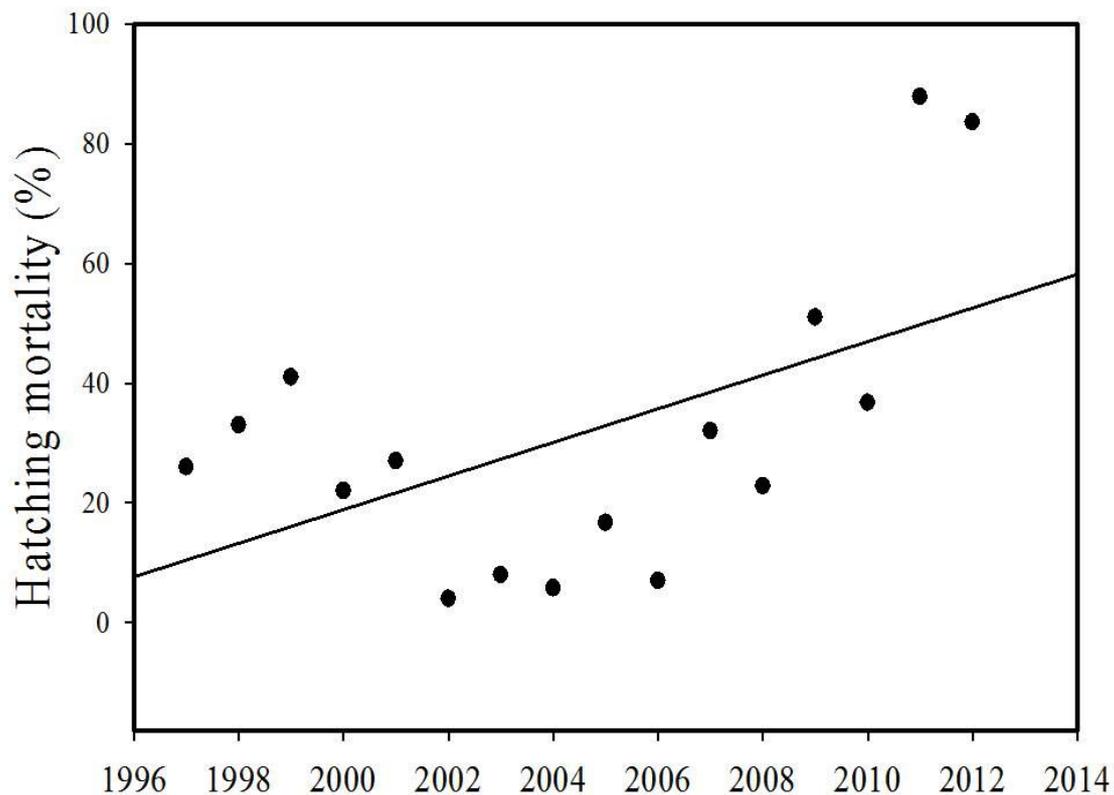


圖三十、1997 到 2012 年間蘭嶼島上龜卵於孵化中的死亡率。

同時，分析也發現龜卵產卵於孵化中的死亡率有逐年增加的趨勢

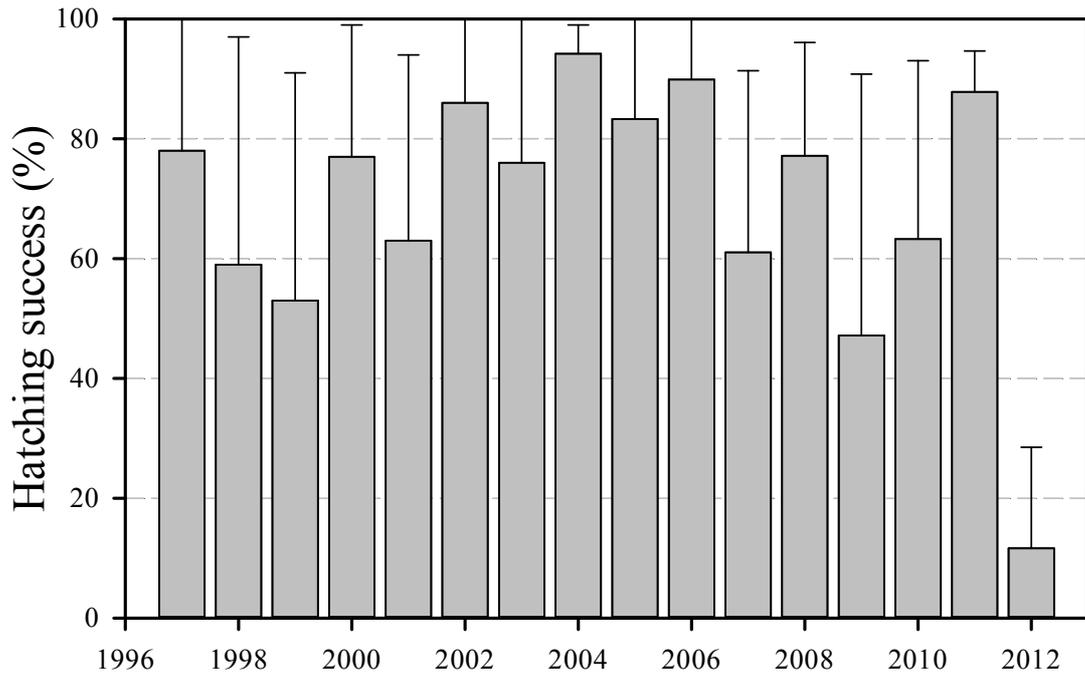
($\text{Arcsin}(\text{產卵成功率}/100) = -71.523 + 0.036(\text{年}), n = 16, r = 0.514, p =$

0.042 ; 圖三十一)。



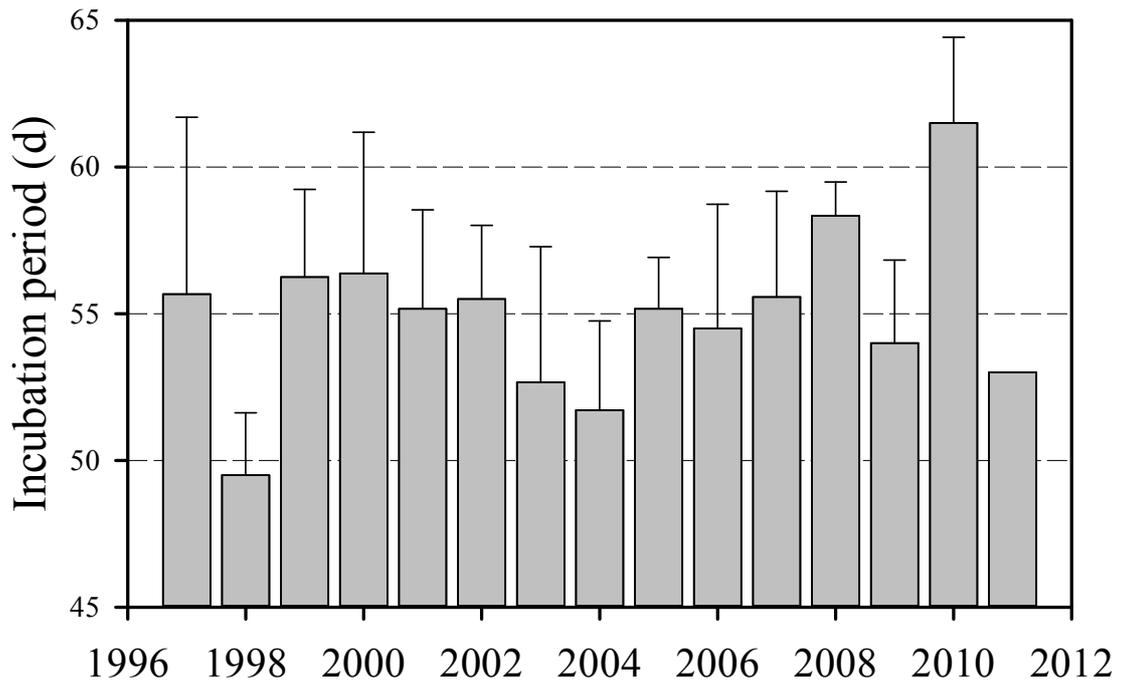
圖三十一、1997 到 2012 年間龜卵於孵化期間之死亡率的變化趨勢。

所以每年龜卵的平均孵化率介於 12%到 94%之間(圖三十二)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2006 年之值大於 2009 及 2012 年之值。



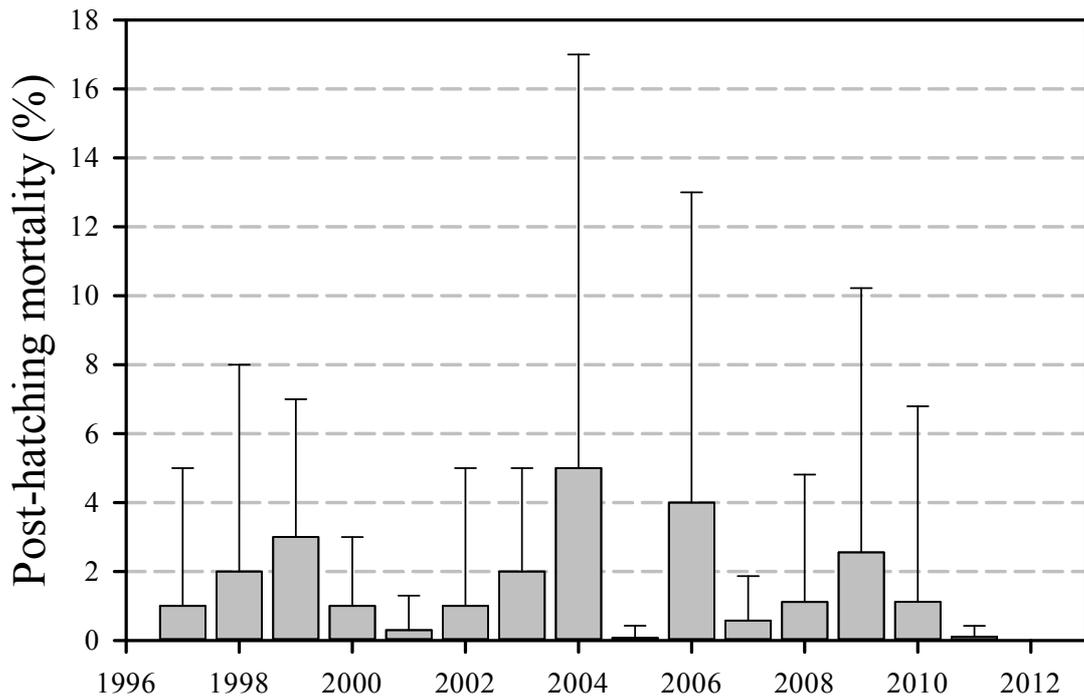
圖三十二、1997 到 2012 年間蘭嶼島上龜卵孵化率。

由於今年度受颱風影響，無法取得稚龜形質的資料，因此龜卵的平均孵化期是取用 1997 到 2011 年的資料，數據顯示孵化期介於 48.5 到 58.3 天之間 (圖三十三)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)，進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2010 年之值大於 1998 及 2004 年之值。



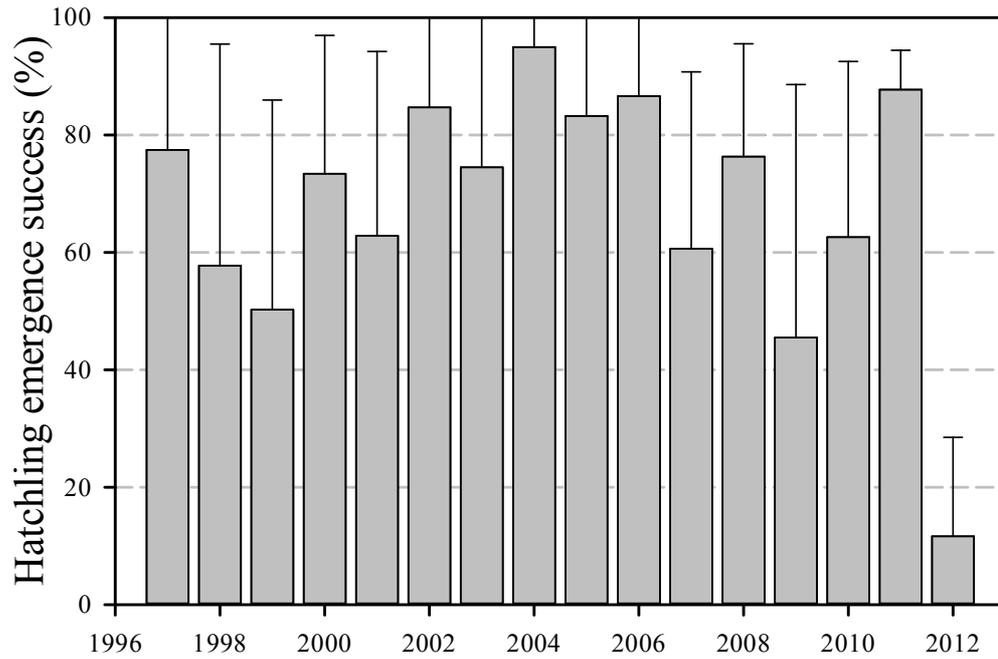
圖三十三、1997 到 2011 年間蘭嶼島上龜卵孵化期。

而每年卵窩內稚龜的平均死亡率介於 1%到 18%之間(圖三十四)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2012 年之值大於 1999 年之值。



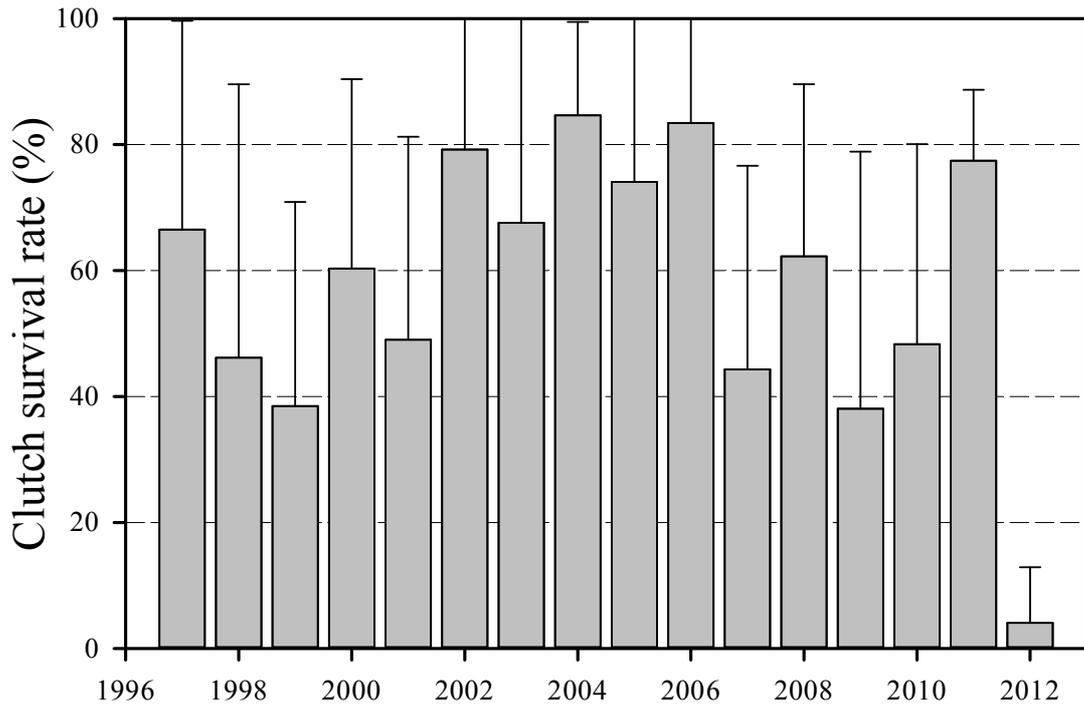
圖三十四、1997 到 2012 年間蘭嶼島上稚龜孵化後的死亡率。

所以每年稚龜的平均爬出卵窩率介於 12%到 95%之間(圖三十五)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2012 年之值大於 2006 年之值。



圖三十五、1997 到 2012 年間蘭嶼島上稚龜爬出卵窩率。

因此，每年稚龜的 clutch survival rate 介於 12%到 85%之間(圖三十六)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)，進一步做 Dunn's 兩組相較後得知;2012 年之值大於 2006 年之值。

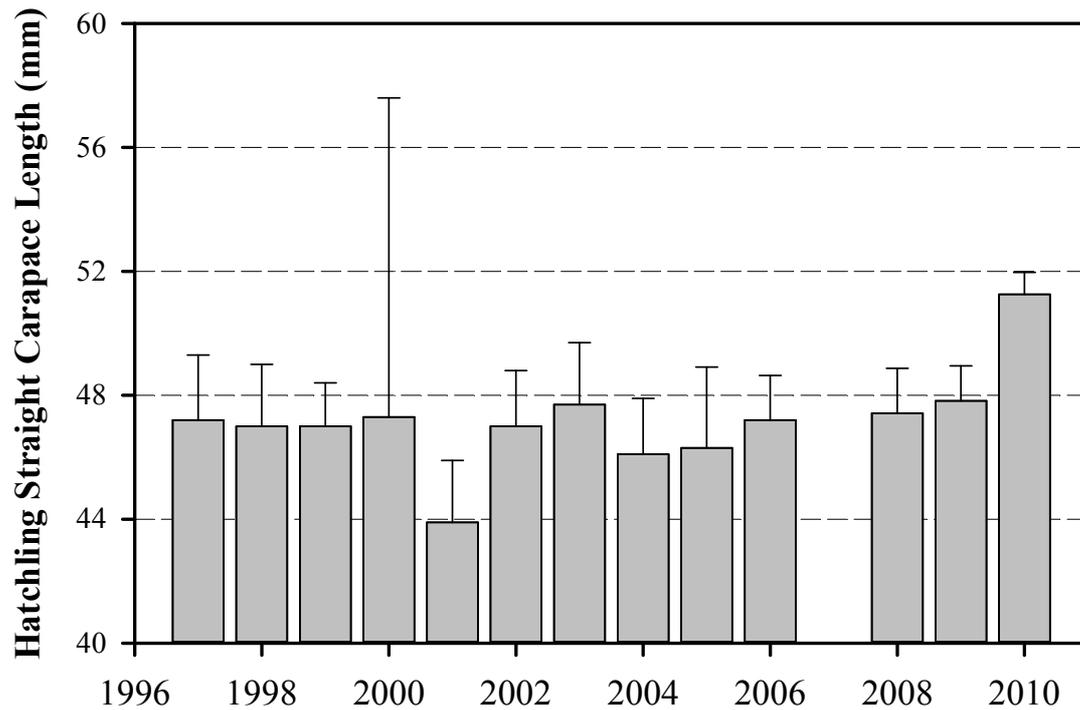


圖三十六、1997 到 2012 年間蘭嶼島上稚龜 clutch survival 率。

由於沒有長期變化的趨勢存在，龜卵孵化的環境相對的較穩定。

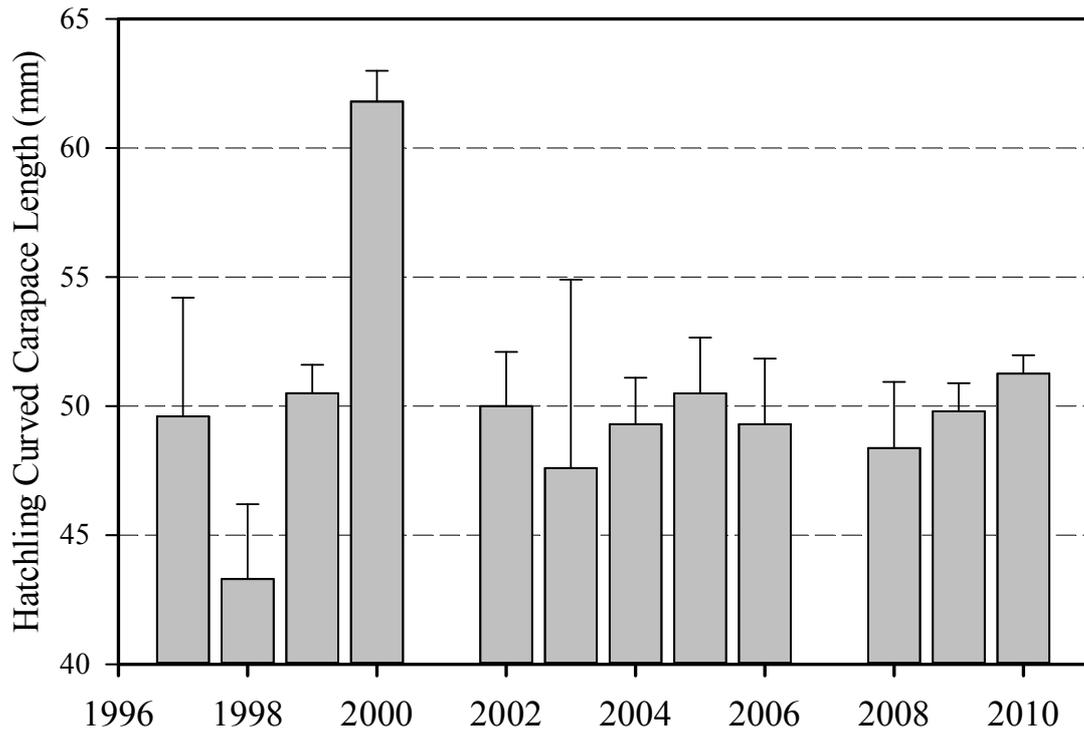
C. 稚龜的形質形態

在稚龜形質形態方面，由於 2011 年受人為干擾，而今年則受颱風影響，無法取得稚龜形質的資料，因此所有的相關資料均是取自 1997 到 2010 年；每年稚龜的平均背甲直線長介於 43.9 到 51.3 公分之間(圖三十七)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA)，進一步做 Dunn's 兩組相較後得知；2010 年之值大於 1997 年、1999 到 2002 及 2004 到 2006 年之值；2009 年之值大於 1997、2001 及 2004 年之值；和 1998 及 2003 年之值大於 2001 及 2004 年之值，稚龜背甲直線長以 2001 年為最短而於 2010 年最長。



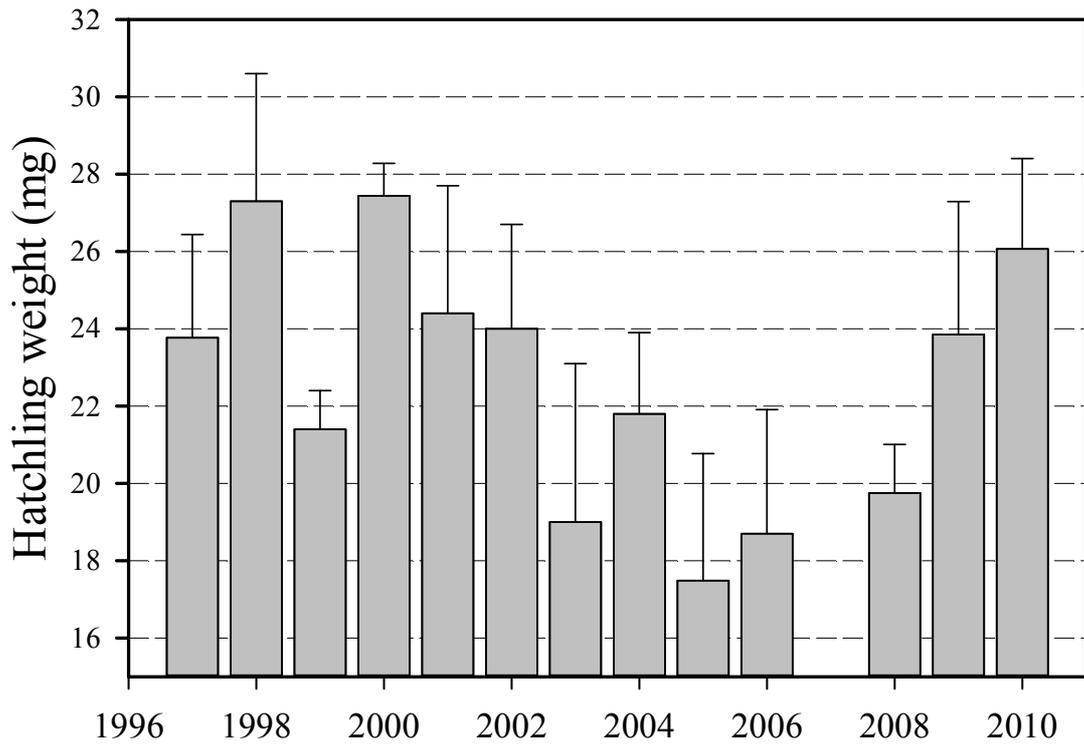
圖三十七、1997 到 2010 年間蘭嶼島上稚龜背甲直線長。

而每年稚龜的平均背甲曲線長介於 47.6 到 61.8 公分之間(圖三十八)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知 2000 年之值會大於其他各年之值, 稚龜背甲曲線長以 2008 年為最短而於 2000 年最長。



圖三十八、1997 到 2010 年間蘭嶼島上稚龜背甲曲線長。

每年稚龜的平均重量介於 19.8 到 26.1 公克之間(圖三十九)。統計分析顯示年間有顯著差異存在 ($p < 0.001$, $n = 16$, One-way ANOVA), 進一步做 Dunn's 兩組相較後得知, 稚龜體重於 2000 年之值會大於 1997、1999、2001 到 2006、2008 及 2009 年之值; 1998 年之值會大於 2001 到 2006、2008 及 2009 年之值; 2010 年之值會大於 1997、2003 到 2006 及 2008 年之值; 1997、2001、2002、2004 及 2009 年之值會大於 2005 及 2006 年之值; 稚龜在 2000 年最重, 而於 2005 年最輕。



圖三十九、1997 到 2010 年間蘭嶼島上稚龜重量。

人造衛星追蹤研究

本年度共對 3 頭產卵母龜，進行人造衛星追蹤的研究，其標號、體長及裝置時間列於表七中。

表七、2012 年蘭嶼島產卵母龜之人造衛星追蹤的裝置時間，及母龜體型大小資料表。

標號	背甲直線長 (cm)	背甲曲線長 (cm)	發報器裝置時間
60261	95	100	7 月 16 日
60718	106	115	7 月 18 日
107366	94	98.5	7 月 20 日

由於發報器均在母龜產卵季的早期即進行裝置的，所以所有的洄

游資料均包括產卵期間的位置分布圖。今就各母龜的洄游追蹤分別進行討論。

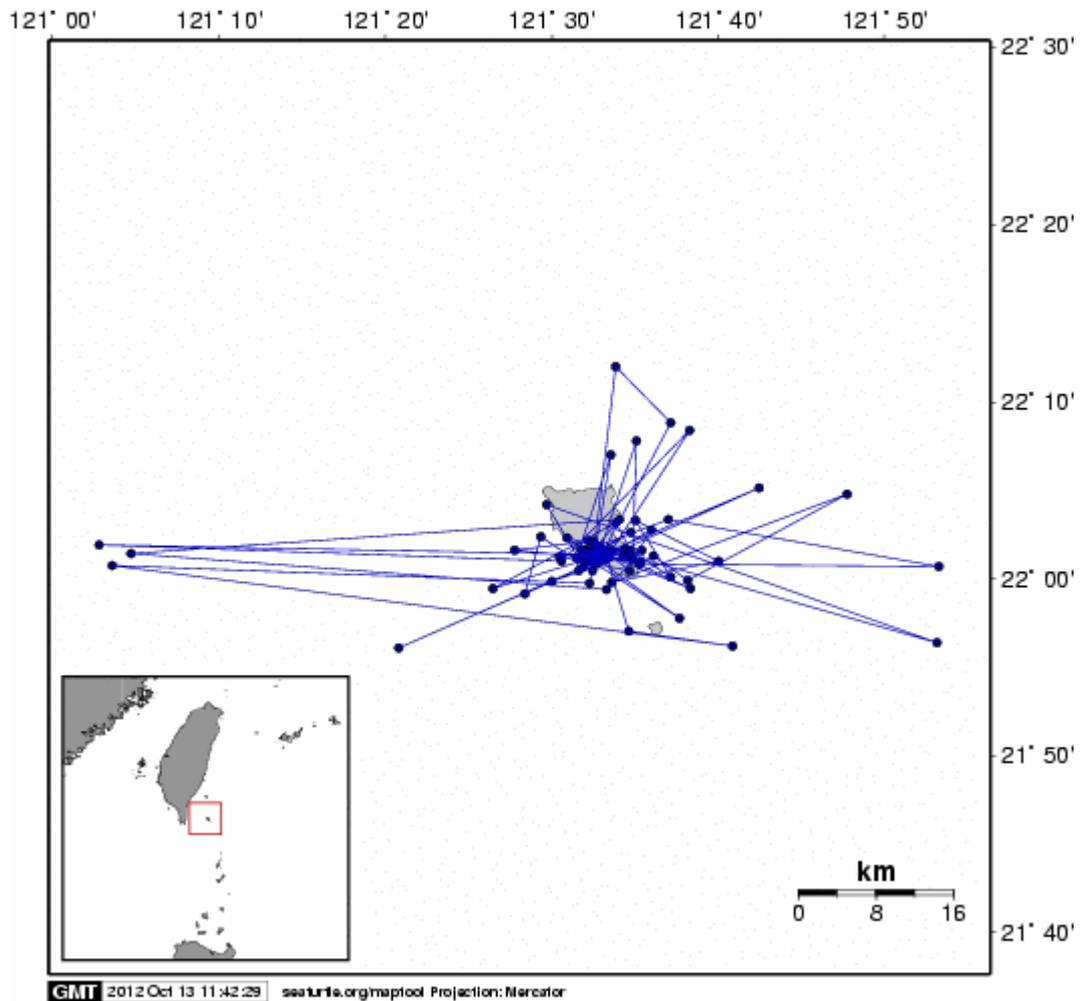
A. 編號 60261 母龜



圖四十、為編號 60261 的母龜裝置衛星發報器的情形。

1. 產卵期間的洄游資料

牠於 7 月 2 日開始期產卵季的，我們在 7 月 16 日晚上 9 點 30 分，在牠的背甲上裝置了一枚人造衛星發報器後放回大海，這是牠第二次在小八代灣沙灘上岸產卵，之後牠又繼續在這個沙灘產下 2 窩卵，並於 9 月 1 日結束其產卵季，其產卵間期的海上分布如圖?所示。

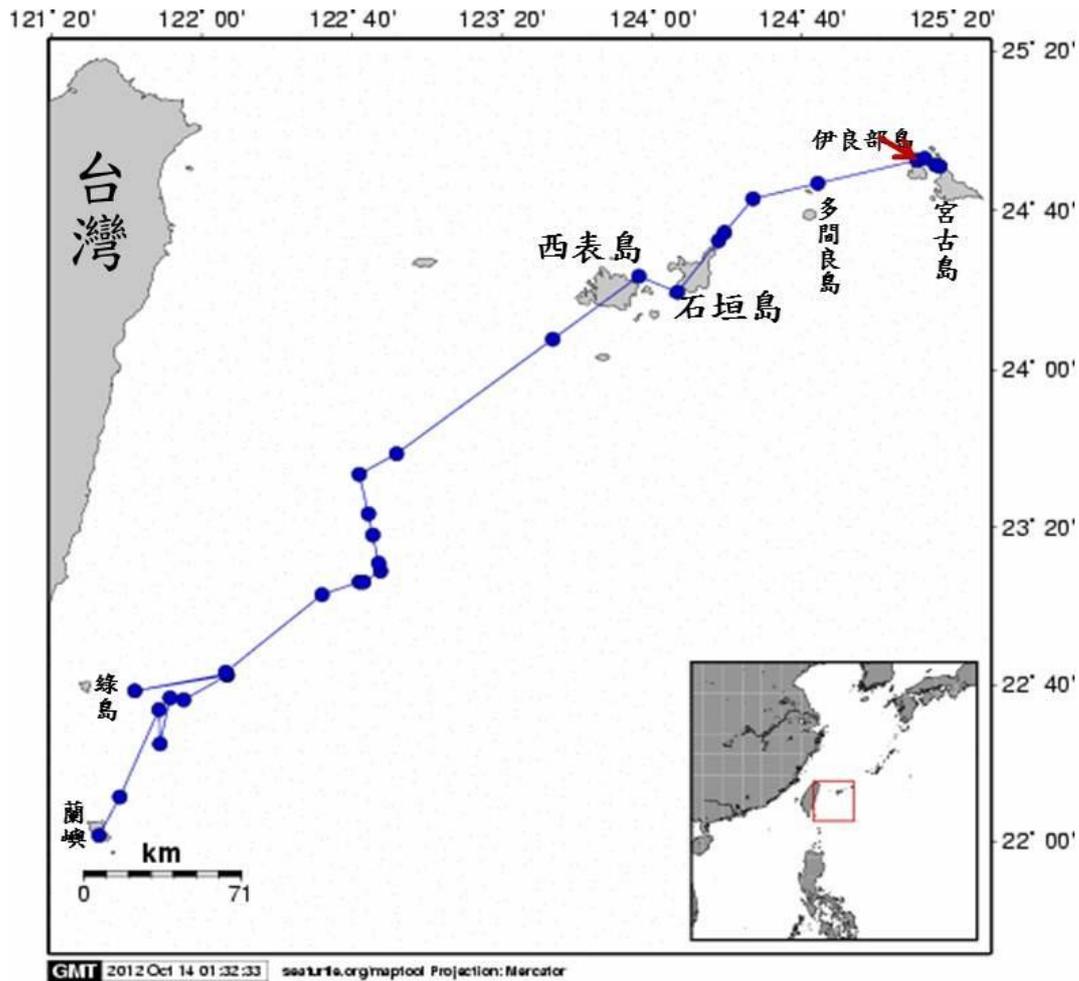


圖四十一、編號 60261 的產卵母龜於產卵期間的海上分布圖。

由此圖可看出，母龜於產卵期間多集中於小八代灣的近海區(蘭嶼島的左下方)，顯示母龜多不會離開蘭嶼太遠。此外，由於許多位置太過於接近，且衛星所提供的位置在最精確的情形下，上有 350 公尺的差距，因此有部分的位置好像在陸地上一樣。

2. 產後洄游資料

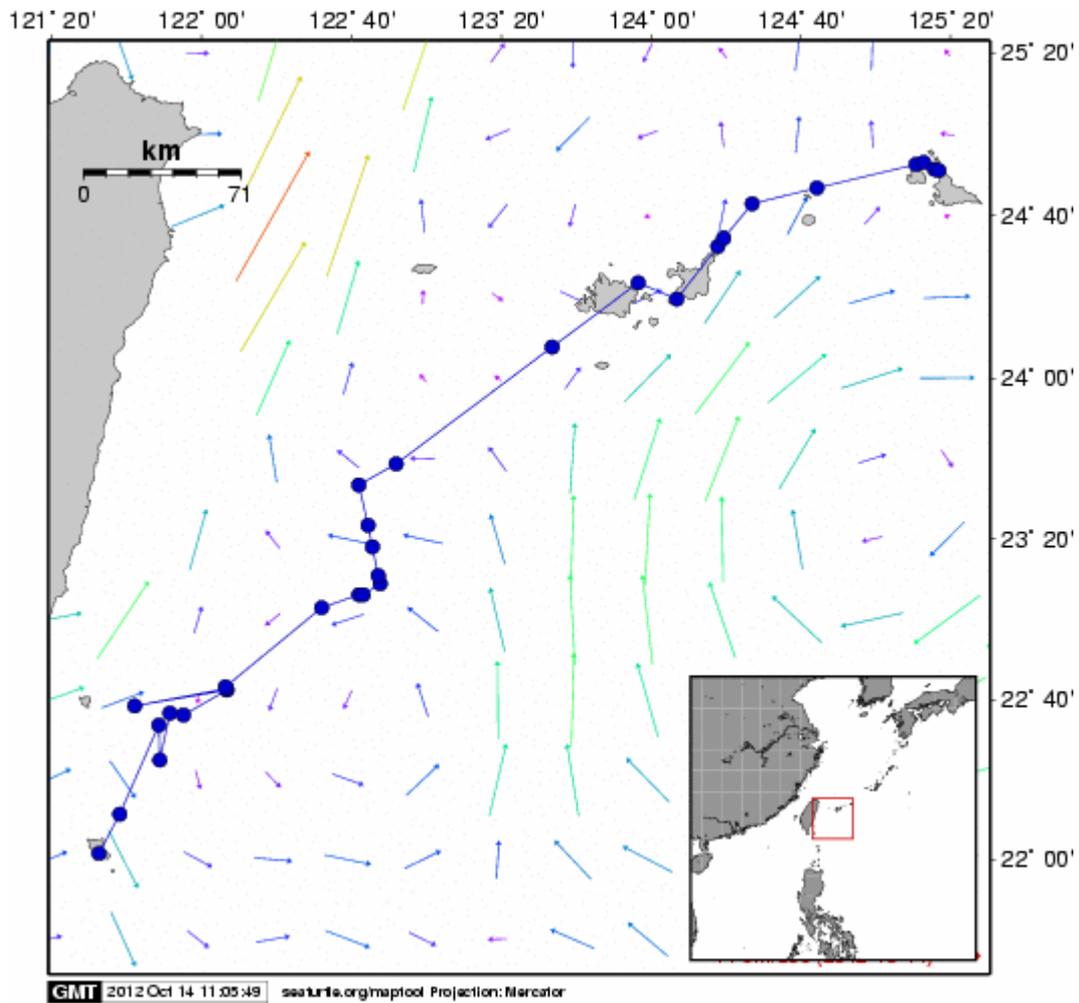
60261 號母龜是從 9 月 2 日開始其產後洄游的，牠於 9 月 18 日洄游到琉球群島的宮古島，其洄游路徑如圖四十二所示。



圖四十二、編號 60261 母龜的產後洄游路徑。

數據分析顯示，此期間母龜花了 17 天洄游了 606.16 公里，其洄游速率為每小時 1.49 公里。這個數據與望安島母龜的產後洄游相仿，但比 2010 年蘭嶼島母龜的產卵速度慢了一倍多，這可能和該頭母龜並非全部順著黑潮而行有關。

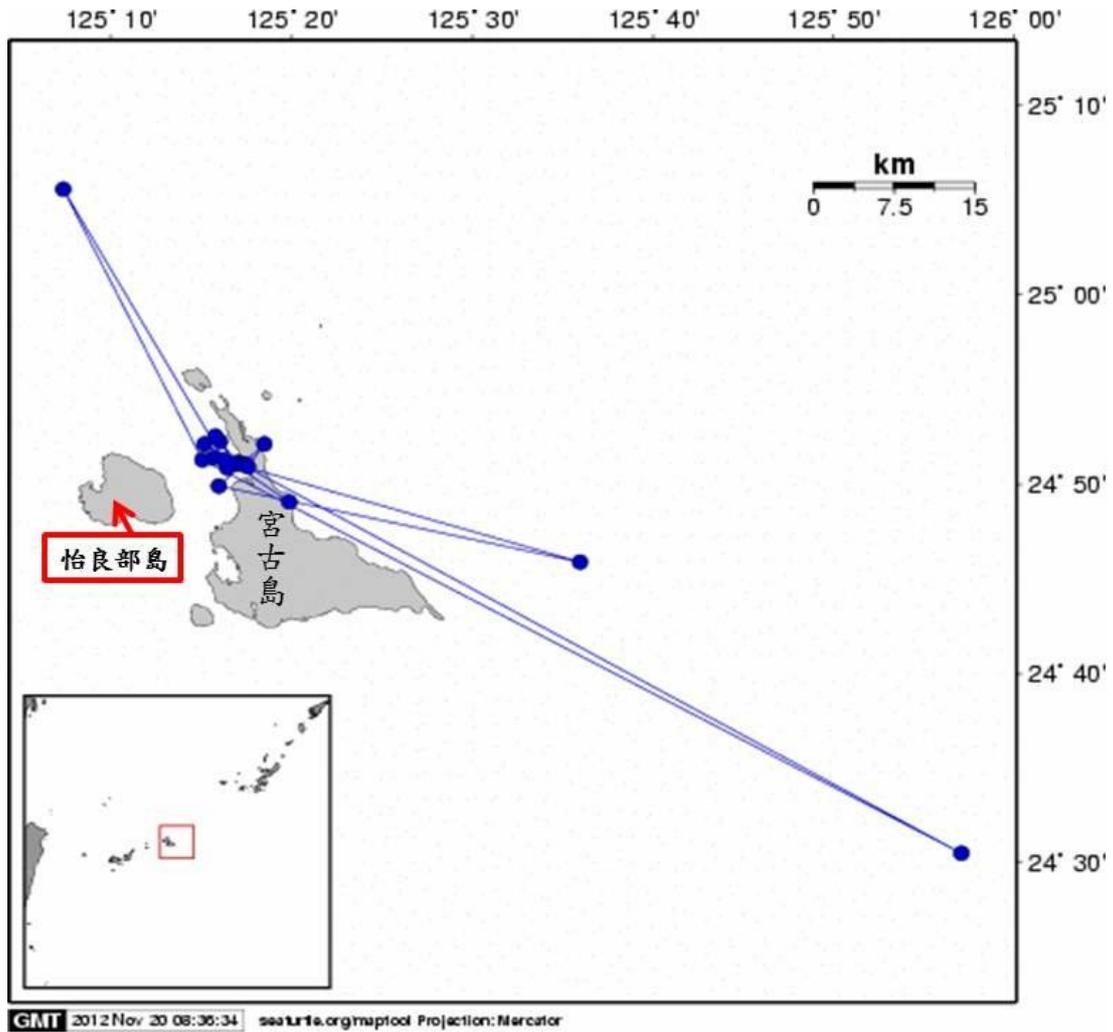
這個說法可從洄游路徑疊在洄游期間的平均洋流得到支持(圖四十三)。



圖四十三、編號 60261 母龜的產後洄游路徑與洄游期間的平均洋流的相疊圖。

3. 覓食海域的洄游行為

在到達宮古島以後，編號 60261 母龜就展開其覓食棲息的洄游行為迄今，其海上分布如圖四十四所示。



圖四十四、編號 60261 母龜於覓食海域的活動分布圖。

由上圖可知，母龜的覓食海域集中於宮古島的東北近海區。

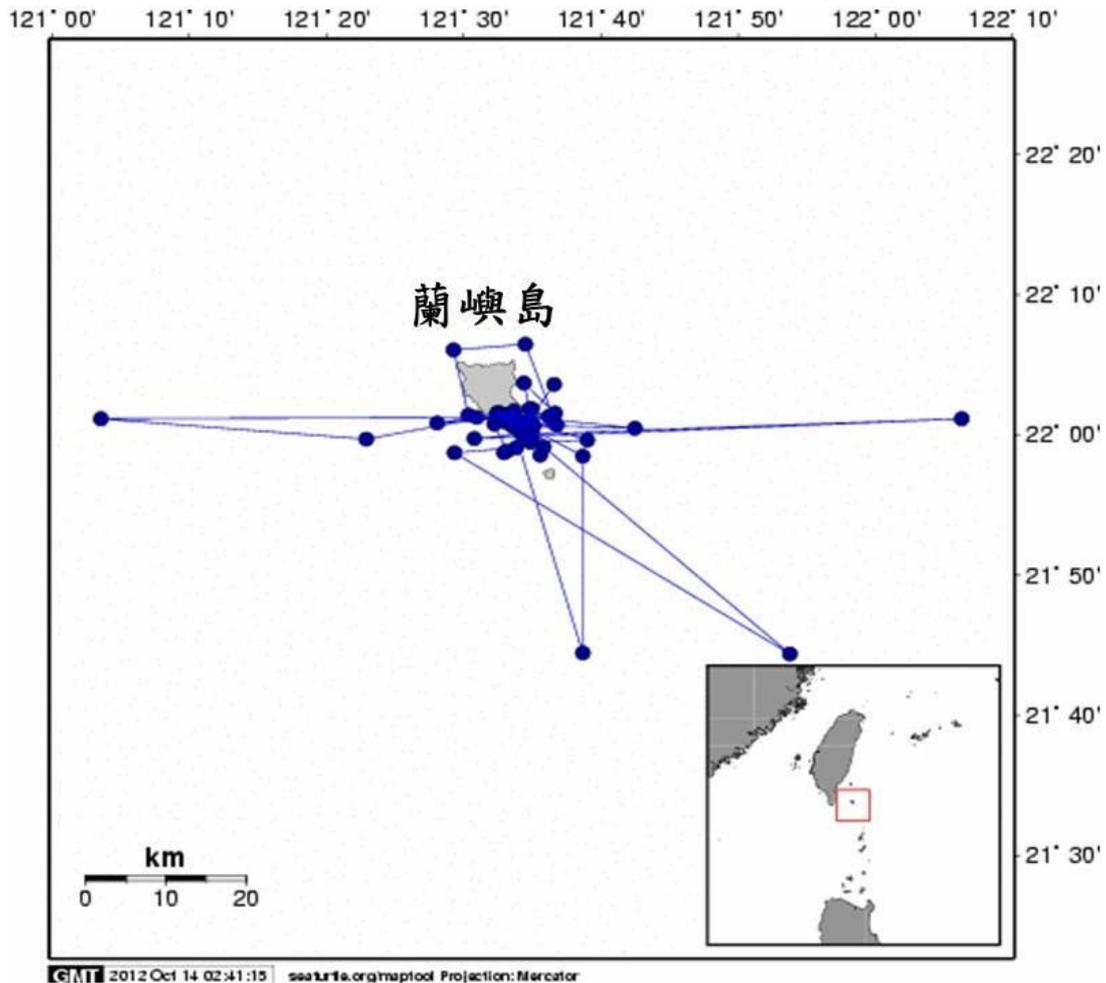
B. 編號 60718 母龜



圖四十五、為編號 60718 母龜安裝衛星發報器情形。

1. 產卵期間的洄游資料

牠於 7 月 18 日開始期產卵季的，我們在當晚上 10 點在牠的背甲上裝置了一枚人造衛星發報器後放回大海，這是牠第一次在小八代灣沙灘上岸產卵，之後牠又繼續在這個沙灘產下 6 窩卵，並於 9 月 26 日結束其產卵季，其產卵間期的海上分布如圖四十六所示。

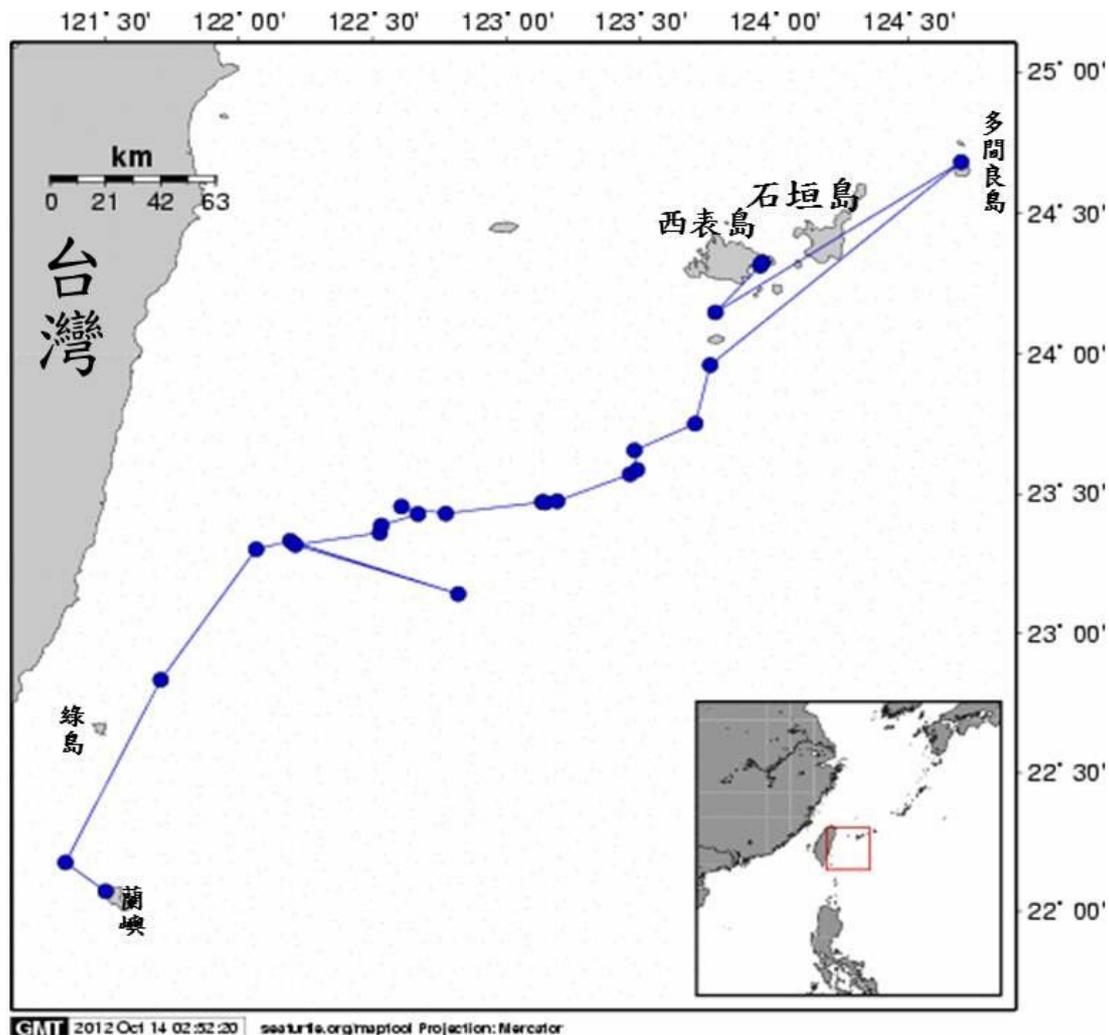


圖四十六、編號 60261 的產卵母龜於產卵期間的海上分布圖。

和編號 60261 母龜一樣，母龜於產卵期間多集中於小八代灣的近海區(蘭嶼島的左下方)，顯示該頭母龜也多不離開蘭嶼島太遠。

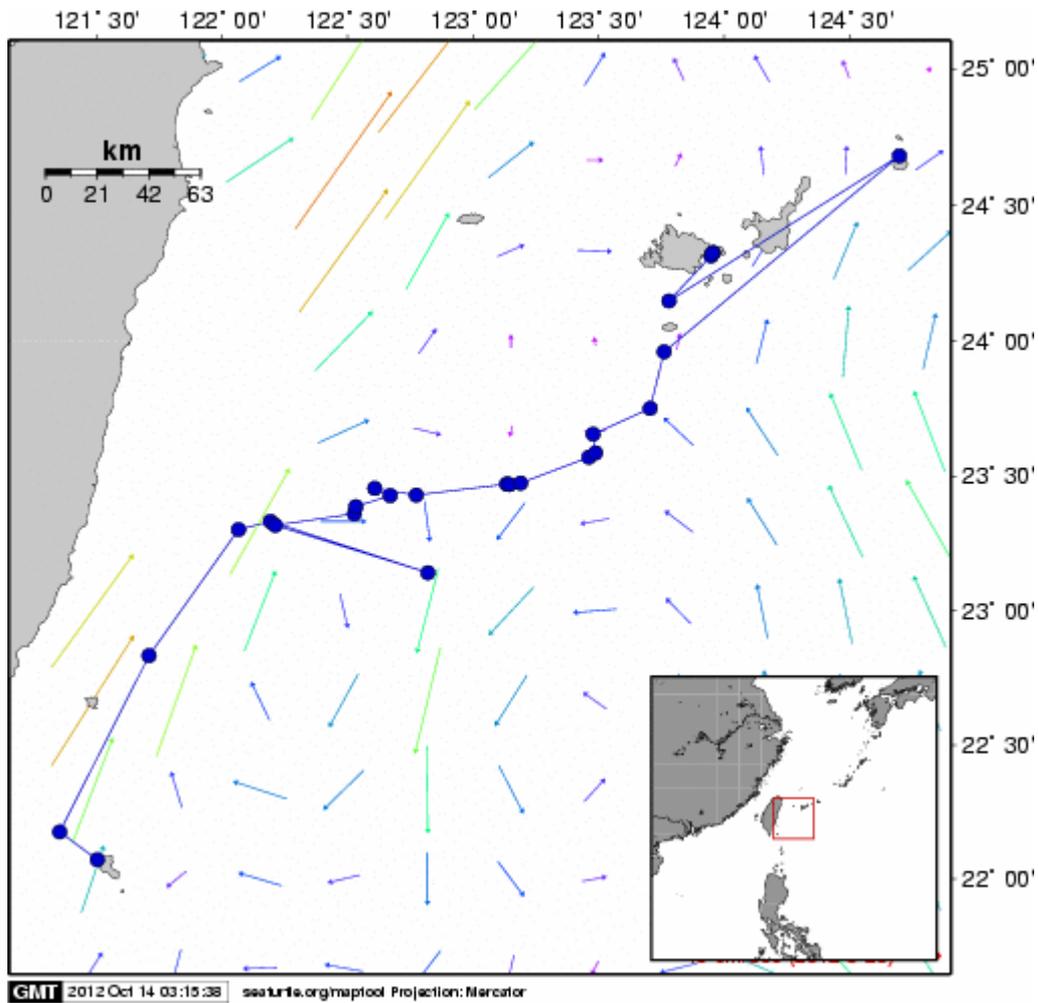
2. 產後洄游資料

60718 號母龜是從 9 月 26 日開始其產後洄游的，牠於 10 月 4 日洄游到琉球群島的西表島，其洄游路徑如圖四十七所示。



圖四十七、編號 60261 母龜的產後洄游路徑。

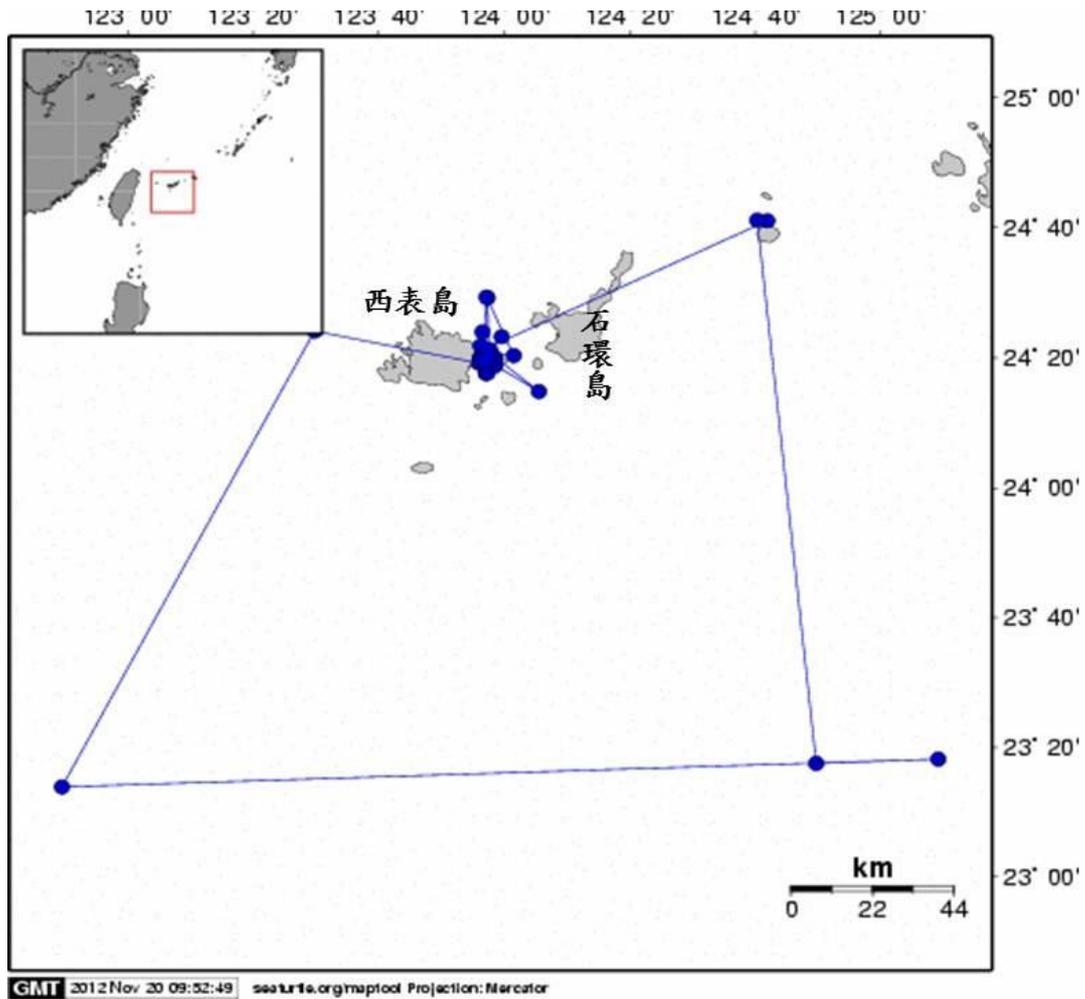
數據分析顯示，此期間母龜花了 9 天洄游了 703.54 公里，其洄游速率為每小時 3.26 公里，此一結果與 2010 年的產後洄游速率相仿，所以母龜可能順流而行才會如此得快，這個說法可從洄游路徑疊在洄游期間的平均洋流得到支持(圖四十八)。



圖四十八、編號 60718 母龜的產後洄游路徑與洄游期間的平均洋流的相疊圖。

3. 覓食海域的洄游行為

在到達西表島以後，編號 60718 母龜就展開其覓食棲息的洄游行為迄今，其海上分布如圖四十九所示。



圖四十九、編號 60718 母龜於覓食海域的活動分布圖。

由此圖可看出，母龜雖然偶而會洄游到其他較遠的海域去，但其覓食海域仍集中在西表島東部與附近的小濱島之間的海域。

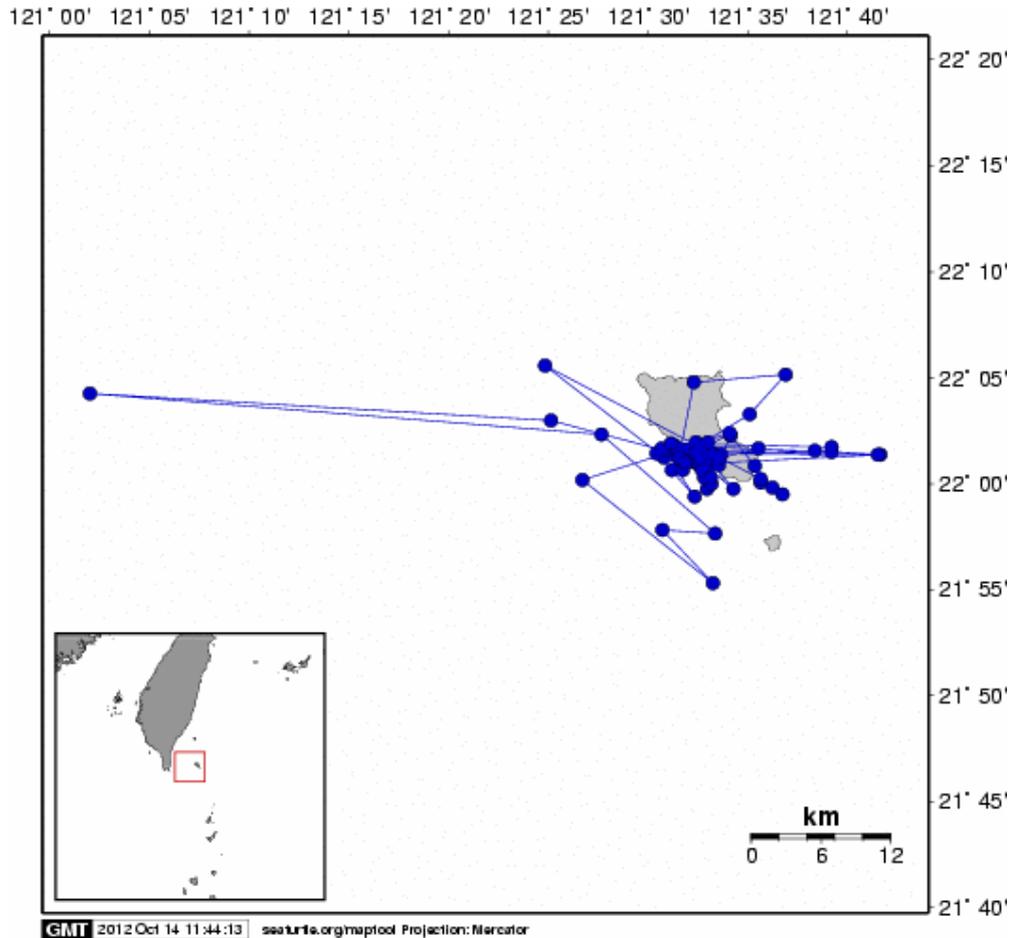
C.編號 107366 母龜



圖五十、為編號 107366 的母龜裝置衛星發報器情形。

1. 產卵期間的洄游資料

牠於 7 月 20 日開始期產卵季的，我們在當晚上 9 點 30 分在牠的背甲上裝置了一枚人造衛星發報器後放回大海，這是牠第二次在小八代灣沙灘上岸產卵，之後牠又繼續在這個沙灘產下 2 窩卵，並於 8 月 22 日結束其產卵季，其產卵間期的海上分布如圖五十一所示。



圖五十一、編號 70366 的產卵母龜於產卵期間的海上分布圖。

由於發報器裝置時圍籬出現裂縫，導致海龜難以控制，可能造成發報器裝置不夠牢固，所以在 8 月 22 日母龜最後一次產卵後就可能脫落，以致無法取得母龜產後洄游及覓食海域活動的資料。不過從這些資料可看出，該母龜於產卵期間的海上分布，仍然多集中於小八代灣的近海區(蘭嶼島的左下方)，顯示該頭母龜也多不離開蘭嶼島太遠。

台東縣沙灘海龜可能產卵地的調查

1. 2011 年

我們還利用七月中旬，對台東縣的沙灘做過一次巡視。不過因沒有使用吉普車，所以結果不太成功，許多沙灘無法下去。此外，本次調查因天候不佳，時而大雨造成調查時尋找沙灘入口困難度倍增，因此未能了解這些沙灘是否合適產卵，不過在能進行調查的沙灘上皆未發現海龜爬痕。各段沙灘狀況簡述如表？。

表八、2011 年巡視台東縣沙灘的概況簡述。

地點	公里數	沙灘調查情形	備註
長濱鄉	台 11 線 72-73km	車痕多	
長濱鄉	台 11 線 74km	馬路接石階步行下沙灘，沙灘中有礁岩斷面，車無法進入，但沙灘上有片段車痕，可能有其他入口	
長濱鄉	台 11 線 74-75km	樟原村中段礁岩多	
長濱鄉	台 11 線 75-76km		
長濱鄉	台 11 線 75-76km		
長濱鄉	台 11 線 76km 後	78km 有沙灘車車痕	
長濱鄉	台 11 線 78.5km	有漁民在整理漁網，沙灘底(沙草交接處)有消波塊，整段沙灘有零星消波塊分區分佈，近海有設置漁網	
長濱鄉	台 11 線 80km 後		
長濱鄉	台 11 線 80.5km	沙質過軟	
長濱鄉	台 11 線 83km	沙灘長	
長濱鄉	台 11 線 84-84.5km	1. 沙灘上有兩個大洞 2. 沙灘中右段斷層落差差，有漂流木，右方	

		為城埔溪河口，礫石灘	
長濱鄉	台 11 線 85km	1. 左方為河口礫石 2. 沙灘中段有漁民搭棚休息，小碎石	
長濱鄉	台 11 線 86km	1. 很多沙灘車車痕 2. 沙灘中段為礁石區 3. 沙灘中段偏右方在沙灘底有斷面(馬鞍藤與沙灘接面落差大)	
長濱鄉	台 11 線 89-90km	礫石灘	
長濱鄉	台 11 線 90-93km	消波塊、礫石	
長濱鄉	台 11 線 95.5km	沙灘面廣，坡面小陡，沙灘底有馬鞍藤，後有防風林，似東清沙灘	
長濱鄉	台 11 線 97km		
長濱鄉	台 11 線 97-97.5km	沙灘左方底為消波塊，右方至漁港，整個沙灘底有些許消波塊散佈	
長濱鄉	台 11 線 98km	礁岩區	
成功鎮	台 11 線 101-102km	礁岩區	
成功鎮	台 11 線 103-104km	左方為都威溪、橋，礫石灘，右方有一小片沙灘	
成功鎮	台 11 線 105km		
成功鎮	海岸公路	沙灘靠海為礫石，漂流木遍佈，沙灘底有馬鞍藤及防風林，多為礫灘，僅一小段靠三仙台處有沙灘	
成功鎮	台 11 線 115.5km		
成功鎮	台 11 線 117-118km	消波塊	
成功鎮	台 11 線 129km	礫石灘	
東河鄉	台 11 線 132km	1. 金樽漁港左方還有一起小片沙灘，以礫石為主，沙灘左方為礫石灘 2. 金樽漁港右方，安檢所後方有路，沙灘左方為漁港消波塊，沙面廣，車痕多	
東河鄉	台 11 線 133-136.5km	漂流木多	
東河鄉	台 11 線	沙灘面廣，沙灘左方外有礁岩，右方外有零	

	138km-139km	星礁岩，可走到編號 19 沙灘	
東河鄉	台 11 線 139.5km	沙灘底礫石及漂流木	
東河鄉	台 11 線 145-151.5km	消波塊	
東河鄉	台 11 線 150km	礫石灘	
東河鄉	台 11 線 151.5-153.5km	礁岩、礫石灘	
東河鄉	台 11 線 153.5km	遊客多，沙灘左方為礁岩區，右方接美麗灣飯店外沙灘，沙質細，但垃圾多(因遊客多，人容易到達)	
東河鄉	台 11 線 154km	沙灘左方沙灘底為消波塊，海巡署前一小片沙灘，右方為礁岩，外有漁船及漁網	
東河鄉	台 11 線 156km	礁岩區	
台東市	台 11 線 168.5km	消波塊及礫岩	
太麻里鄉	台 9 線 395-396km	三和沙灘，沙灘底到海邊依次為堤防、防風林、消波塊、沙層厚、淺礫石灘，沙灘中段有河川切斷沙灘	
太麻里鄉	台 9 線 401km	在防風林前有疑似大洞痕跡，沙灘右方漂流木多	
太麻里鄉	台 9 線 402km	沙灘灘面大，沙灘底有防風林、植被，沙灘右方有沙灘排球架及網，有河濱公園	
太麻里鄉	台 9 線 403km	沙灘灘面大，沙灘底有防風林、消波塊，漂流木多，車痕多，靠海為小礫石灘	
太麻里鄉	台 9 線 407.5km	沙灘底有消波塊，沙灘面也有消波塊堆零星分佈	
太麻里鄉	台 9 線 415km	沙灘入口有許多坑洞(河口)	
太麻里鄉	台 9 線 419km	沙灘平坦	
太麻里鄉	台 9 線 422.5km	沙灘左方底有消波塊	
太麻里鄉	台 9 線 422.5-425.5km	1. 礫石遍佈、漂流木多，沙灘狀況差 2. 大竹篙橋下方為礫石與消波塊，從草叢小路進，路被水泥水溝截斷，無法進入沙灘	
大武鄉	台 9 線 425.5-427km	沙灘底有消波塊，漂流木，靠海有小礫石遍佈	

大武鄉	台 9 線 427-429km		
大武鄉	台 9 線 432.5-434km	有車痕，沙灘底有消波塊，靠海為小礫石灘，沙灘接大鳥遊憩區	
大武鄉	台 9 線 437.5km	沙灘底有植被，漂流木多，靠海有小礫石遍佈	
大武鄉	台 9 線 441.5km	消波塊及礫石灘	
達仁鄉	台 26 線 92km	沙灘底為植被及大量礫石、漂流木，沙層不厚	

2. 2012 年

有了去年的失敗經驗，我們今年從台中市租附駕駛的越野吉普車，進行台東縣境內的沙灘巡視。而且，去年的沙灘入口位置資訊，也在今年的調查中發揮了很大的功能，下表是今年的沙灘巡視時間表(表九)：

表九、2012 年巡視台東縣沙灘的起迄時間表。

次數	出發日期	結束日期
1	7 月 15 日	7 月 17 日
2	8 月 10 日	8 月 11 日
3	9 月 13 日	9 月 14 日

在今年的調查中，我們原來預定在 6 月到 9 月間每月巡視沙灘一次，但因 6 月初到下旬間，台灣東部氣候皆不穩定，沙灘巡視工作被迫延後，之後因暑期野外工作開始進行，所以 6 月無法進行工作。本來安排 8 月底補巡一次，但因 2 個颱風吹襲東部，加上“天平”颱風

連續吹襲台東兩次，以致 8 月僅一次成行。

在 2012 年的 3 次調查中，共巡視了台東縣 4 個鄉鎮 41 個沙灘；分別為長濱鄉 13 個沙灘，成功鎮 6 個沙灘，東河鄉 7 個沙灘，太麻里鄉 10 個沙灘，大武鄉 4 個沙灘，及達仁鄉 1 個沙灘。各沙灘的地點簡述於表 10 中。

表十、2012 年巡視台東縣境內各沙灘的位置簡述表。

地點	公里數	詳細地點
長濱鄉	臺 11 線 72-73 公里	1. 大峰峰
長濱鄉	臺 11 線 74 公里	2. 黃金橋
長濱鄉	臺 11 線 75-76 公里	3. 樟原村
長濱鄉	臺 11 線 76 公里	4. 八仙洞
長濱鄉	臺 11 線 80 公里	5. 大俱來
長濱鄉	臺 11 線 80 公里	6. 三間屋 1
長濱鄉	臺 11 線 80.5 公里	7. 三間屋 2
長濱鄉	臺 11 線 83 公里	8. 真柄
長濱鄉	臺 11 線 84-84.5 公里	9. 城子埔
長濱鄉	臺 11 線 85 公里	10. 長光
長濱鄉	臺 11 線 86 公里	11. 長濱
長濱鄉	臺 11 線 95-95.5 公里	12. 八桑安
長濱鄉	臺 11 線 97 公里	13. 寧埔
成功鎮	臺 11 線 103-104 公里	14. 重安
成功鎮	臺 11 線 105 公里	15. 石雨傘
成功鎮	海岸公路	16. 三仙台
成功鎮	臺 11 線 125 公里	17. 都歷掩埋場
成功鎮	臺 11 線 129 公里	18. 都歷
成功鎮	臺 11 線 132 公里	19. 金樽漁港
東河鄉	臺 11 線 125 公里	20. 金樽安檢所
東河鄉	臺 11 線 138-139 公里	21. 隆昌國小
東河鄉	臺 11 線 139.5 公里	22. 隆昌
東河鄉	臺 11 線 144.5-151.5 公里	23. 都蘭
東河鄉	臺 11 線 152 公里	24. 杉原

東河鄉	海岸公路	25. 美麗灣大飯店
東河鄉	臺 11 線 154 公里	26. 漁場
太麻里鄉	臺 11 線 175 公里	27. 美和
太麻里鄉	臺 9 線 395-396 公里	28. 三和
太麻里鄉	臺 9 線 401 公里	29. 新吉
太麻里鄉	臺 9 線 402 公里	30. 太麻里 1
太麻里鄉	臺 9 線 403 公里	31. 太麻里 2
太麻里鄉	臺 9 線 407.5 公里	32. 新香蘭
太麻里鄉	臺 9 線 415 公里	33. 金崙
太麻里鄉	臺 9 線 419 公里	34. 多良
太麻里鄉	臺 9 線 422.5 公里	35. 大溪
太麻里鄉	臺 11 線 422.5-425.5 公里	36. 大竹
大武鄉	臺 9 線 423.5 公里	37. 富山
大武鄉	臺 9 線 427-429 公里	38. 加津林橋
大武鄉	臺 9 線 432.5-434 公里	39. 大烏
大武鄉	臺 9 線 437.5 公里	40. 大武
達仁鄉	臺 26 線 92-93 公里	41. 達仁-南田

各沙灘的狀況詳述如下，描述方式為先是文字敘述，然後是兩張沙灘的照片。文字敘述包括詳述沙灘的地點、沙灘的狀況(現況)及建議放棄(即無須巡視)或是巡視的方式。

鄉 鎮	1. 長濱鄉 大峰峰
<p>地點：沙灘位於臺 11 線 72-73 公里處，GPS 定位點為 N 23°26.096' E121°29.512'。由巴歌浪船屋指示牌進入，沙灘即位於民宿下方。</p> <p>沙灘狀況：沙灘上有很多漂流木，頂端有馬鞍藤，沙層軟，適合母龜</p>	

產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議： 以吉普車加步行方式巡視。



鄉 鎮

2. 長濱鄉 黃金橋

位置：沙灘位於臺 11 線 74 公里處，GPS 定位點為 N 23'25.917'

E121'29.457'。可由長濱幹線 745 號電線桿處進入。

沙灘狀況:沙灘中有礁岩斷面，吉普車只能開到入口處，沙灘軟，

頂端有植被馬鞍藤，已成為礫灘，不合適產卵。

建議: 刪除。





鄉 鎮

3. 長濱鄉 樟原村

位置：沙灘位於臺 11 線 75-76 公里處，GPS 定位點為 N

23'24.727' E121'28.955'。可由紅綠燈附近，樟原牌前的中華電信機房旁邊小路下沙灘。小路為一段水泥路接草叢間小路。

沙灘狀況:沙灘很厚，有許多不同顏色的小石頭，面積寬廣，偶有露出的礁石，海龜可能會在此上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議: 巡灘方式為步行，可輔以望遠鏡。



鄉 鎮

4. 長濱鄉 八仙洞

位置：沙灘位於臺 11 線 76 公里後，八仙洞風景區內，GPS

定位點為 N 23'23.772' E121'28.643'。沿路有自行車

道，可由八仙洞遊客中心對面的石階下沙灘。

沙灘狀況：沙灘長，頂端有植被馬鞍藤，中間有部分大礫石及漂

流木，面海最左側為礫石區，靠海處為小礫石組成的

礫灘，有遊客及釣客，過多的人為干擾，會導致海龜多不在此

產卵，也沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行。





鄉鎮

5. 長濱鄉 大俱來

位置：沙灘位於臺 11 線 78.5 公里處，GPS 定位點為 N

23'22.789' E121'28.307'。在大俱來社區活動中心的門

形門附近。

沙灘狀況：沙灘不寬，頂端(沙草交接處)有消波塊，整段沙灘有

零星消波塊分區分佈。訪談當地居民，曾於海中看過

海龜，未曾看過海龜上岸，且消波塊會阻止母龜產卵。

建議：放棄。



鄉 鎮

6. 長濱鄉 三間屋 1

位置：沙灘位於臺 11 線 80 公里後，GPS 定位點為 N 23'22.221'

E121'28.255'。在大壩來橋附近。若開吉普車，可直接

開到下一個沙灘。

沙灘狀況:沙灘的沙質很軟，頂端有植被馬鞍藤及零星的樹，兩

側有大石塊分布，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議: 巡灘方式為吉普車加步行。



鄉 鎮

7. 長濱鄉 三間屋 2

位置：沙灘位於臺 11 線 80.5 公里處，GPS 定位點為 N

23'22.021' E121'28.270'。有自行車道指標，由車道旁

的小路進入，穿越墳墓區即達沙灘。

沙灘狀況：沙灘沙質很軟，有部分為礫石灘，偶有大石塊及漂流

木，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行。





鄉 鎮

8. 長濱鄉 真柄

位置：沙灘位於臺 11 線 83 公里處，GPS 定位點為 N 23'21.041'

E121'28.131'。在脫線牧場看板附近。

沙灘狀況：沙灘長度長，與城子埔沙灘可互相連接，沙灘右方有

砂石場，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行。



鄉鎮

9. 長濱鄉 城子埔

位置：沙灘位於臺 11 線 84-84.5 公里處，GPS 定位點為 N

23'20.057' E121'27.864'。在偉成商號附近有閃黃燈交

通號誌，旁邊有小路可下沙灘。

沙灘狀況:沙灘上有漂流木，些許礫石灘。與真柄沙灘可互相連

接。訪談當地居民，未曾看過海龜，沙灘上礫石過多，不適合

母龜產卵。

建議: 放棄。





鄉 鎮

10. 長濱鄉 長光

位置：沙灘位於臺 11 線 85 公里處，GPS 定位點為 N 23'19.759'

E121'27.740'。在長光社區司令台廣場正對面有條柏油

路，吉普車由此下沙灘。

沙灘狀況：沙灘左方為河口礫石，中段小碎石，頂端有馬鞍藤及

雜草，有漁民搭棚休息，適合母龜上岸產卵，不過人為干擾可

能很大，也沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行。



鄉 鎮

11. 長濱鄉 長濱

位置：沙灘位於臺 11 線 86 公里處，GPS 定位點為 N 23'19.217'

E121'27.523'。車經過第五公墓(東海稜園)，再經過垃圾掩埋場，看到情人沙灘指示牌後可步行下沙灘(車亦可下)。

沙灘狀況:沙灘有部分為礫石灘，有植被馬鞍藤、林投、雜草及

一些樹，可由沙灘旁的小草原(茅草屋後)瞭望沙灘，適合母龜上岸產卵，沒發現爬痕及卵窩。

建議:巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。





鄉 鎮

12. 長濱鄉 八桑安

位置：沙灘位於臺 11 線 95-95.5 公里處，GPS 定位點為 N

23'15.173' E121'25.103'。穿過八桑安社區發展協會

後，步行下石階，穿過防風林即到沙灘。

沙灘狀況：沙灘面積廣，坡面陡，沙灘底有馬鞍藤，後有防風

林，偶有大塊礁石，似蘭嶼的東清沙灘，適合母龜上岸產卵，

不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行，可用望遠鏡輔助。



鄉 鎮

13. 長濱鄉 寧埔

位置：沙灘位於臺 11 線 97 公里處，GPS 定位點為 N 23'14.208'

E121'24.906'。在南石寧橋附近。可與烏石鼻沙灘相通。

沙灘狀況：沙灘左方底為消波塊，右方至漁港，整個沙灘底有些

許消波塊散佈，已不合適母龜產卵。

建議：放棄。



鄉鎮

14. 成功鎮 重安

位置：沙灘位於臺 11 線 103-104 公里處，GPS 定位點為 N

23°11.497' E 121°23.790'。在「重安」標誌及都威溪告

示牌中間缺口處，成功鎮第六公墓旁。

沙灘狀況：沙灘短，漲潮時會變成礫灘，沙灘上有排列整齊的石

頭、消波塊及較小的礫石，已不合適母龜產卵。

建議：放棄。



鄉 鎮	15 成功鎮 石雨傘
-----	------------

位置：沙灘位於臺 11 線 105 公里處，GPS 定位點為 N 23'10.831'

E 121'23.951'。在石雨傘休息區附近。

沙灘狀況：找不到下沙灘的路，可從上面俯瞰，有一片小沙灘，

後有岩壁，兩旁有大石塊，不合適母龜產卵。

建議：放棄。



鄉 鎮	16. 成功鎮 三仙台
-----	-------------

位置：沙灘位於海岸公路上，GPS 定位點為 N 23'07.855' E

121'24.019'。在往三仙台風景區沿途的路上。

沙灘狀況：沙灘中間有一大段為大塊礫石的礫灘及消波塊，兩側

有沙灘，靠海為礫石，漂流木遍佈，頂端有馬鞍藤及
防風林，不合適母龜產卵。

建議：放棄。



鄉 鎮

17. 成功鎮 都歷掩埋場

位置：沙灘位於臺 11 線 125 公里處，入口地點有都歷掩埋場告示，GPS 定位點為 N 23'01.354' E121'19.730'；出口在都歷路 155 號，GPS 定位點為 N 23'01.632' E 121'19.935。

沙灘狀況：沙灘上有大塊礁石，旁邊就是都歷掩埋場，有許多車子行經的痕跡，也有看到許多人在衝浪。2011 年 9 月曾做為海龜野放地點，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車。





鄉 鎮

18. 成功鎮 都歷

位置：沙灘位於臺 11 線 129 公里處，GPS 定位點為 N 22'59.516'

E121'18.853'。在小馬教會附近。

沙灘狀況：沙灘上多漂流木，頂端有植被馬鞍藤，沙灘上有小溪

流。巡灘時遇到海巡，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及
卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。



鄉鎮

19. 東河鄉 金樽漁港

位置：沙灘位於臺 11 線 132 公里處，GPS 定位點為 N 22'59.506'

E121'18.864'。在金樽漁港附近，車開至路旁後，可步

行到堤防。

沙灘狀況:此灘為礫石灘，近海處有眾多消波塊，因此動物上岸

困難，消波塊後長有馬鞍藤，不合適母龜產卵。

建議:放棄。



鄉 鎮

20. 東河鄉 金樽安檢所

位置：沙灘位於臺 11 線 133-136.5 公里處，金樽漁港右方，

入口的 GPS 定位點為 N22'57.322' E 121'17.398'，出口

的 GPS 定位點為 N 22'56.775' E121'16.810'。在金樽安

沙灘狀況：檢所旁邊有小路，吉普車可開下沙灘。

沙灘很長，左方為漁港的消波塊，沙面廣，車痕多，

沙質厚，為金樽遊憩區所眺望的沙灘，適合母龜產卵，不過人

為干擾可能很大，也未發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行。





鄉 鎮

21. 東河鄉 隆昌國小

位置：沙灘位於臺 11 線 138-139 公里處，GPS 定位點為 N

22'55.549' E121'16.456'。在隆昌國小附近，有一面「往沙灘」告示牌，可由此下。

沙灘狀況：沙灘面海右側有礁岩，沙灘軟厚，十分平坦，沙灘頂

端有植被，有許多居民和遊客，適合母龜產卵，不過人為干擾可能很大，也未發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行，可用望遠鏡輔助。



鄉鎮

22. 東河鄉 隆昌

位置：沙灘位於臺 11 線 139.5 公里處，GPS 定位點為 N

22'54.955' E 121'15.835'。在 139.5 公里指示牌旁邊有

條小路，順著走即可至沙灘。

沙灘狀況:沙灘頂端有眾多礫石及漂流木，中間有河道切過。有

植被馬鞍藤，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及

卵窩。

建議:巡灘方式為步行，可用望遠鏡輔助。



鄉 鎮

23. 東河鄉 都蘭

位置：臺 11 線 144.5-151.5 公里處，GPS 定位點為(TD52) N 22'52.895'

E 121'14.712', 往南過 145.5km，中油加油站旁小路(鉛橋產業
道路)

沙灘狀況：消波塊，礫石灘，不合適母龜產卵。

建議：放棄。





鄉鎮

24. 東河鄉 杉原

位置：沙灘位於臺 11 線 152 公里處，GPS 定位點為 N 22'50.540'
E121'11.293'。

沙灘狀況：沙灘上遊客多，左方為礁岩區，右方接美麗灣飯店外
沙灘，沙質細，但因遊客多，人容易到達，因此垃圾
也多，過去曾有海龜上岸產卵，部分適合母龜上岸產卵，不過
沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行。



鄉鎮

25. 東河鄉 杉原 美麗灣大飯店

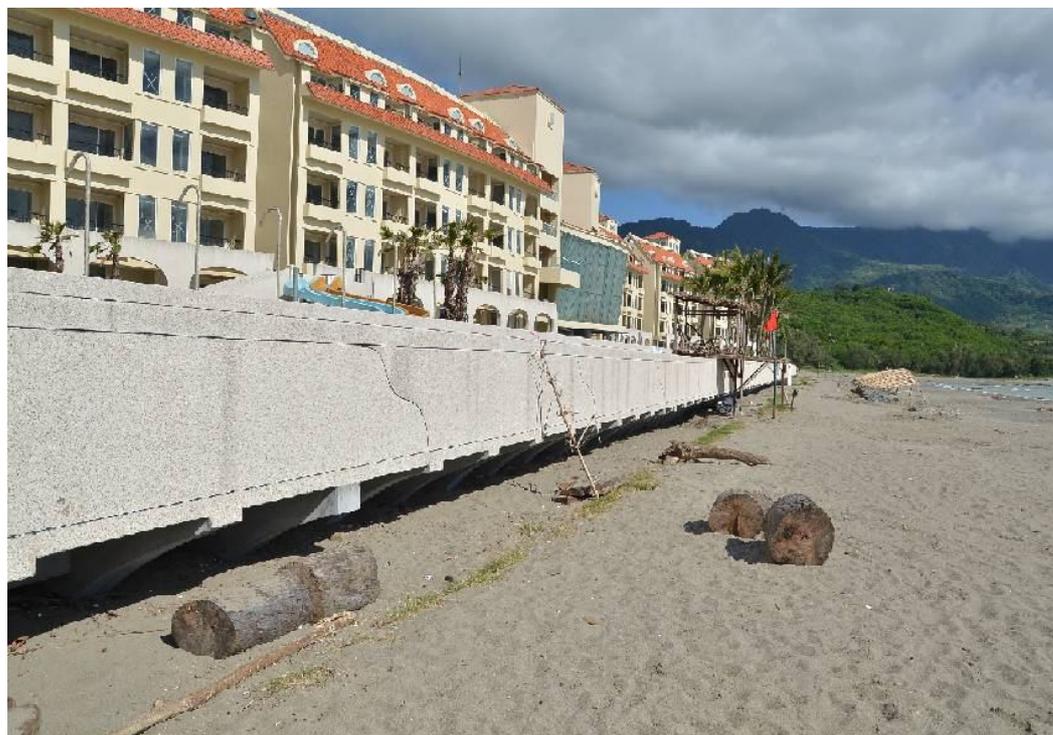
位置：美麗灣大飯店外的沙灘，GPS 定位點為 N 22'49.863'

E121'11.111'。

沙灘狀況:沙層厚，沒有礁石或是漂流木堆積，若不是沙灘後方建旅

社，破換產卵棲地，會是個良好的母龜產卵沙灘。

建議: 放棄。



鄉 鎮

26. 東河鄉 漁場

位置：沙灘位於臺 11 線 154 公里處，GPS 定位點為 N 22'49.334'

E121'11.377'。海巡署漁場安檢所告示牌，海賊灣民宿

為其標示。

沙灘狀況：沙灘左方底為消波塊，左右有礁岩。海巡署前有一小

片沙灘，沙灘上有些許礫石跟漂流木。有幾艘漁船及

一些小孩在玩水，適合母龜產卵，不過人為干擾可能很大，也

未發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行，可用望遠鏡輔助。





鄉 鎮

27. 太麻里 美和

位置：沙灘位於臺 11 線 175 公里處，入口的 GPS 定位點為 N

22'42.527' E121'03.835'，出口的 GPS 定位點為 N

22'43.672' E121'06.493'。

沙灘狀況：沙灘寬廣，上面有很多塑膠垃圾，沙灘底有植被及防

風林，有大小不一的礫石及漂流木。吉普車可由此一

路開到麗都，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及

卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。



鄉 鎮

28. 太麻里 三和

位置：沙灘位於臺 9 線 395-396 公里處，GPS 定位點為 N

22'40.215' E121'02.133'。在三和安檢所對面，可由三

和海濱公園進入。

沙灘狀況:三和沙灘，沙灘底到海邊依次為堤防、防風林、消波

塊、沙層厚、淺礫石灘，沙灘中段有河川切斷沙灘，適合母龜

上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議:巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。



鄉 鎮

29. 太麻里 新吉

位置：沙灘位於臺 9 線 401 公里處，入口 GPS 定位點為 N

22'37.524' E121'00.771'，出口 GPS 定位點為 N

22'35.057'E121'00.214'。可由太峰茶行旁的路下去。

沙灘狀況：沙灘在防風林前有疑似大洞痕跡，沙灘右方漂流木

多，與太麻里 1、太麻里 2 沙灘互通，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。





鄉 鎮

30. 太麻里 太麻里 1

位置：沙灘位於臺 9 線 402 公里處，GPS 定位點為 N 22'36.555'

E121'00.339'。在高架橋附近有路可以下沙灘。

沙灘狀況：沙灘灘面大，沙灘底有防風林、植被，沙灘右方有沙

灘排球架及網，有河濱公園。與新吉、太麻里 2 沙灘

相通，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。



鄉鎮

31. 太麻里 太麻里 2

位置：沙灘位於臺 9 線 403 公里處，GPS 定位點為 N 22'36.869'

E121'00.672'。經過樂都釣蝦場後，看到工寮左轉可至

沙灘。

沙灘狀況:沙灘灘面大，沙灘底有防風林、消波塊，漂流木多，

車痕多，靠海為小礫石灘。與新吉、太麻里 1 沙灘互

通，適合母龜上岸產卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議:巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。



鄉 鎮

32. 太麻里 新香蘭

位置：沙灘位於臺9線407.5公里處，GPS定位點為N

22'35.057' E121'00.214'。在廢棄安檢所對面。

沙灘狀況：沙灘寬，上面礫石遍布，沙灘底有消波塊，有許多漂

流木。底部有木麻黃防風林。出口沙灘上有漂流木搭

的單人小屋。左右兩邊都有路可以下沙灘，適合母龜上岸產

卵，不過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。





鄉 鎮

33. 太麻里 金崙

位置：沙灘位於臺9線415公里處，GPS定位點 N 22'31.401'

E 120'57.917。在上阡仔崙橋前有路可下沙灘。

沙灘狀況：因為在河口，沙灘入口有許多坑洞。有許多礫石，雜

草零星分布，人為干擾過大，母龜不太可能在此上岸產卵。

建議：放棄。



鄉鎮

34. 太麻里 多良

位置：沙灘位於臺9線419公里處，GPS定位點為N 22'29.419'

E120'57.243'。在多良橋附近，找不到下沙灘的路。

沙灘狀況:無法下沙灘，沙灘平坦但較窄，沙灘底有消波塊，已不合

適母龜產卵。

建議:放棄。



鄉 鎮

35. 太麻里 大溪

位置：沙灘位於臺9線422.5公里處，GPS定位點為N

22°27.750' E121°56.732'。在大篙橋北側入口，有多條

叉路可切入沙灘。

沙灘狀況：沙灘大約有三分之一佈滿礫石，左方底有消波塊，整

個沙灘散佈著密度不一的漂流木，部分沙灘適合母龜產卵，不

過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車加步行，可用望遠鏡輔助。





鄉 鎮

36. 太麻里 大竹

位置：沙灘位於臺 11 線 422.5-425.5 公里處，GPS 定位點為

N 22'25.005' E120'55.637'。可由安檢所旁的路進入。

沙灘狀況：沙灘很長，上面礫石遍佈、漂流木多，沙灘狀況差。

大竹篙橋下方為礫石與消波塊，從草叢小路進入，路

會被水泥水溝截斷，無法進入沙灘，不適合母龜產卵。

建議：放棄。



鄉 鎮

37. 大武鄉 富山

位置：沙灘位於臺9線423.5公里處，GPS定位點為N

22'27.283' E120'56.653'。

沙灘狀況:沙灘底有消波塊，漂流木，靠海有小礫石遍佈，不適合母

龜產卵。

建議:放棄。



鄉 鎮

38. 大武鄉 加津林橋

位置：沙灘位於臺 9 線 427-429 公里處，入口 GPS 定位點為

N 22'24.089' E120'55.243'，出口 GPS 定位點為 N

22'24.397' E120'55.426'。加津林橋附近。

沙灘狀況：沙層厚，許多大小礫石散佈在上面，有一條小河切過

沙灘，已成礫灘，不適合母龜產卵。

建議：放棄。





鄉 鎮

39. 大武鄉 大鳥

位置：沙灘位於臺 9 線 432.5-434 公里，入口 GPS 定位點為

N 22'22.739' E120'54.727'，出口 GPS 定位點為 N

22'23.036' E120'54.787'。

沙灘狀況：有車痕，沙灘底有消波塊，靠海為小礫石灘，沙灘接

大鳥遊憩區，巡灘時剛好工程進行，部分適合母龜產卵，不

過沒發現爬痕及卵窩。

建議：巡灘方式為步行，可用望遠鏡輔助。



鄉鎮

40 大武鄉 大武

位置：沙灘位於臺9線437.5公里處，入口GPS定位點為N

22'20.425' E120'53.720'，出口 GPS 定位點為 N

22'21.079' E120'54.114'。可由臺 9 線路旁穿過大武海

濱公園，步行下沙灘。

沙灘狀況:沙灘底有植被，漂流木多，靠海有小礫石遍佈，面海

右側有個小潟湖，些許消波塊分佈在旁邊，適合母龜產卵，不

過沒發現爬痕及卵窩。

建議:巡灘方式為步行。





鄉鎮

41. 達仁鄉 達仁-南田

位置：沙灘位於臺 26 線 92-93 公里處，GPS 定位點為 N

22'17.424' E120'53.335'。可由南田海濱公園或安朔橋

旁小路進入。

沙灘狀況：沙灘寬，有大量漂流木及礫石集中在沙灘底部。海岸

線平直，沙灘上有碉堡，部分適合母龜產卵，不過沒發現爬痕

及卵窩。

建議：巡灘方式為吉普車。



六、結論

I. 蘭嶼島上綠蠵龜之生殖生態的長期調查

從 1997 到 2010 年的研究結果發現，在環境資料上發現，1998 年為氣溫最高雨量也最多的一年。在生殖生態調查方面：1. 蘭嶼島上的母龜平均每 4.5 年會回島上產卵一次。2. 約每四年會有一次產卵高峰季。3、約有四成的海龜會蘭嶼島產卵。4. 小八代灣仍為主要的產卵沙灘。5. 每年的七到八月為產卵高峰期。6. 96%的母龜會再度回到第一次產卵的沙灘(小八代沙灘)找尋其產卵地。7. 71%的卵窩會位於草地、沙草交界及沙林交界處。8、母龜的產卵成功率有逐年增加的趨勢。9、然而，孵化中死亡率也有逐年增加的趨勢。10、101 年的龜卵孵化環境最差，導致孵化中死亡率最高、孵化率、稚龜爬出率及 clutch survival rate 為歷年的最低，這對蘭嶼島上海龜族群的存續，有非常負面的影響。由於在蘭嶼島上產卵的母龜為一族群管理的單位，因此有必要在公權力的介入下，找尋一合適的孵化場地，以拯救這瀕臨絕種的野生動物。本結果也顯示，進行長期生態調查，對產卵族群存續的判斷，有其絕對的必要性。

II. 人造衛星追蹤研究

由本年度的研究資料顯示，於 2012 年的產卵季中，三頭產

卵母龜於產卵期間多集中在小八代灣的近海活動。此外，三頭中的兩頭都會選擇琉球群島南部的島嶼，作為其產後的覓食海域。部分在望安島產卵的母龜，也會選擇琉球群島作為其產後的覓食海域，這說明琉球群島，尤其是琉球難部島嶼的近海，對於在蘭嶼及部分望安產卵的母龜族群之存續，是非常重要的。我們同時發現，洋流尤其是黑潮對母龜的洄游速度有絕對的影響，母龜順著洋流而行時，其洄游速率可達到非順流而行的兩倍以上。

由本年度的洄游追蹤結果，配上前年的追蹤結果可以推論出，日本的琉球群島南部島嶼，可能是蘭嶼島上產卵母龜的重要海上棲地。如要進行有效的族群管理，就需推動地區性的國際合作計畫，與日本相關的學者合作，從 cross-boundary 合作的角度來解決該島的海龜保育及族群管理的問題。

III. 台東縣沙灘海龜可能產卵地的調查

雖然在今年夏天的沙灘巡視中，並未發現母龜的爬痕和卵窩，不過在這 41 個沙灘中，我們建議放棄(或是刪除)其中 15 個沙灘，這包括長濱鄉 4 個，成功鎮 3 個，東河鄉 3 個，太麻里鄉 5 個沙灘，放棄的理由主要是沙灘變成礫灘、沙灘縮小、蓋飯店，及放置水泥消波塊，使母龜無法上岸產卵。此外，一些沙灘有相當程

度的人為干擾，像是長濱鄉的長光、東河鄉的金樽安檢所、隆昌國小、杉原、漁場等 5 個沙灘，都可能會影響到母龜上岸產卵的意願。此外，我們並未將台東市的沙灘列入考慮，是因為該區沙灘上有許多的人為活動，因此不可能有海龜會上岸產卵。

我們同時發現，台東市以南的沙灘較連貫，不過較少沙灘爬藤類植被如馬鞍藤等存在，台東市以北的沙灘較不連貫，不過沙灘後端爬藤植被較常見。此外，台東市以南的人口比以北的來得少，所以沙灘較能維持原始狀況，這可能是過去台東縣母龜產卵紀錄，多發生在台東市以南的偏鄉沙灘如大武鄉的大鳥沙灘上。

由本年度的調查發現，由於台東縣的沙灘多能連貫，加上颱風過後沙灘的地形會快速的變化，像是產生臨時性的河流、漂流木的堆積、沙粒性質改變等，這些都不見得會在 google earth 地圖上出現，因此無法先看地圖再決定如何走。事實上，必須採用實地探勘(ground trothing)的方式，每個可能的沙灘都走一次，才能判定可能產卵沙灘之所在位置。

還有一事必須要提的是，2011 年我們租四輪傳動的車子巡視沙灘，但因台東沿岸的沙灘地形十分崎嶇，且沙灘軟硬度變化很大，所以很快就卡在沙灘上，不但未能繼續下去，反而花了 8000 元找大吉普車拖出沙灘，到最後只有去找尋所有沙灘的入口。基

於此次慘痛的教訓，2012 年我們全省找尋越野吉普車，結果花蓮及台東縣均無吉普車出租，只有台中市有出租附駕駛的越野吉普車，每天是 9000 元。在別無選擇的情形下，我們接受了這個價格，加上每次巡視沙灘須派出至少 2 人，交通(飛機)加住宿費用每人均超過一萬元，所以每次巡視貴縣沿海沙灘都得花上 5 到 6 萬元，整個計畫執行下來，這項工作的開銷就高達 **14 到 16 萬元**，所以是一項非常昂貴的調查計畫！

七、建議

本實驗室在澎湖縣的望安島及台東縣的蘭嶼島均有進行綠蠵龜長期生殖生態的調查，主要原因是海龜並非每年都會回到出生地去產卵，而且牠的生長率也很慢，對環境改變的反應也不會很快。因此，我們無法在短短的兩、三年的研究結果，就得知族群的變化。像是在經過 21 年持續的數據收集後，我們發現在望安島產卵的母龜，其產卵行為發生了根本的變化。在蘭嶼島，經過 17 年的持續研究後，也發覺有類似的現象出現。全球環境變遷是目前在生態界一個很重要的議題，要知道它對研究物種，尤其是保育類物種，甚至是生態系的影響，都需要進行長期性的生態調查，才能看到環境變遷的影響，及採取因應之道。由於在蘭嶼島產卵的綠蠵龜族群，是除了望安島之外的

一個主要產卵族群(或是保育管理單位)，因此儘管問題很多，人為干擾也大，但建議仍要持續進行生殖生態的研究，才能找出適當的保育及管理辦法，以延續島上產卵海龜的族群。

由 2010 及 2011 年的人造衛星追蹤顯示，南琉球群島似乎為蘭嶼島產卵母龜的主要海上棲地，這可能也解釋為何蘭嶼島上的人為干擾高，但每四年就會出現一次產卵高峰，而望安島雖然劃設為保護區，但母龜數量卻一直都很少的現象。個中的原因是中國大陸的漁民持續的捕捉海龜，所以保護區的努力成效會大打折扣。而琉球的保育意識較強，所以蘭嶼島產卵的海龜族群，較能維持固定的變化模式。因此建議持續進行人造衛星追蹤的研究，以確定蘭嶼島上產卵母龜的主要海上棲地。

儘管母龜的海上棲地較能受到保護，但陸上的棲地(沙灘)的人為干擾及開發的破壞非常的嚴重，在不得已進行的卵窩移位情形下，往往會被迫移到不太合適的孵化場所，加上蘭嶼島上的天災如颱風等，對沙灘的影響甚鉅，小海龜的孵化情形非常不理想，像今年就是一個標準的案例。由於小海龜下海的數量決定 20 年後回來產卵的母龜數量，不理想的孵化情形持續下去，蘭嶼島上的產卵族群量，將會面臨

無以為繼的厄運。所以建議相關的政府單位重視此一嚴重問題，採取適當的保育宣導及公權力的介入，讓旅遊及民宿業者知道，保育自然資產對他們生意的重要性。

在評估劃設蘭嶼島海龜產卵保護區方面，由於目前在棲地及旅遊的開發壓力甚大，這個議題的推動，將會變成“緣木求魚”的結局，所以建議先取得旅遊及民宿業者及相關政府部分的共識後，再談如何進行相關的海龜保育措施。

台東縣沿海的沙灘遼闊，地形又容易受到氣候短暫變化的影響，所以須親自走完全程，才能了解沙灘的現況，走一趟下來不但耗時且花費十分昂貴，加上目前在台東海岸上產卵的母龜數量極少，搜尋不易。因此建議多鼓勵當地民眾及海巡通報海龜產卵的情形，並給予適當的獎助，以提高通報的意願。此外，增加研究經費，進行更多次的沙灘巡視，也是另一種可能的解法。另一件可做的事是，將強沿海居民的海龜及海洋生態及保育的觀念，由民眾自發性的行為，去推動及落實台東縣的沿海生態保育行動。

八、參考文獻

- 中華民國自然生態保育協會(1988). 蘭嶼國家公園自然調查評鑑計畫之研究(中華民國七十七年六月至七十七年十二月研究報告)。內政部營建署。177.
- 郭慧蓮(1999). 臺東縣蘭嶼島上綠蠵龜 (*Chelonia mydas*) 生殖生態之研究調查。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-81.
- 黃振庭(2001). 臺東縣蘭嶼島上綠蠵龜(*Chelonia mydas*)不同的產卵棲地間與產卵行為之比較。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-69.
- 鄭霖駿(2001). 臺東縣蘭嶼鄉綠蠵龜稚龜之性別比推估與其影響因子的探討。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-79.
- 洪博彥(2005). 蘭嶼綠蠵龜擇巢因子之探討。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-67.
- 柯伯宗(2006). 台東縣蘭嶼鄉小八代沙灘之水平方向水勢能變化對綠蠵龜卵窩孵化的影響。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-94.

- 程一駿、王玉懷。2011。大洋中的老舵手—海龜如何在海中航行。自然科學簡訊23(1): 9-13。
- 郭兆偉(2008). 臺東縣蘭嶼島綠蠵龜胚胎發育期間卵窩內含氧量變化的研究。碩士論文。海洋生物研究所。國立臺灣海洋大學。1-91.
- Cheng I-J, Huang C-T, Hung P-Y, Ke B-Z, Kuo C-W, Fong C. (2009). A ten year monitoring of the nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu Island, Taiwan. *Zool Stud* 48(1): 83-94.
- Cheng I-J, Dutton PH, Chen C-L, Chen H-C, Chen Y-H, Shea, J-W. 2008. Comparison of the Genetics and Nesting Ecology of Two Green Turtle Rookeries in Taiwan. *J Zool* 276(4): 375-384.
- Cheng, I-J. 2009. Changes in diving behaviour during the internesting period by green turtles. *J Exp Mar Biol Ecol.* 381: 17-24.
- Fong C-L, Chen H-C, Cheng I-J. 2010. Blood profiles from wild populations of green sea turtles in Taiwan. *J Veterinary Med Anim Health* 2(2):08-10.

八、研究照片



小八代灣



小八代灣上方有民宿及進行中的工程



東清灣



研究人員量測龜卵直徑



研究人員測量龜卵重量



挖掘放置龜卵的大洞



將測量後的龜卵放回卵窩中



將卵窩覆蓋上沙子



整理實驗用的儀器



整理埋入卵窩的實驗儀器



整理卵窩的沙網



遊客觀看替海龜裝設衛星發報器



用砂紙清潔海龜背甲



用紙巾將海龜背甲清理乾淨



準備將衛星發報器裝至海龜背上