

行政院農業委員會林務局保育研究系列 99-17 號

行政院農業委員會林務局委託研究系列 99-07-8-02 號

公開

限閱

台東縣海龜生殖生態學暨保育研究計畫

Research Project on Nesting Ecology and Conservation of Sea Turtles in Taitung County

委託單位： 行政院農業委員會 林務局 台東林業管理處
執行單位： 國立台灣海洋大學
研究主持人： 程一駿 教授 協（共）同主持人：
研究人員： 張豈銘、郭芙、林佳樺、簡皓博、田至峰、陳映蓉、
徐靖瑋

中華民國 100 年 2 月 13 日



林務局保育研究系列

SS-17

號

研究題目 台東縣海龜生殖生態學暨保育研究計畫

研究主持人

程一駿

日期 100年2月13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，2010年產卵季調查是從6月29日至8月31日為止，而產卵高峰期是從7月1日至8月31日。在這段時間裡，共有20頭母龜上岸產卵，為歷年來產卵母龜最多的一年，且有3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48窩卵，平均每頭母龜產下2窩卵。88%的母龜會在蘭嶼島上產卵，且在產卵期間有92%的母龜會在第一次產卵的沙灘上岸找尋其產卵地。平均龜卵孵化期為62天，而孵化率為63%。與望安島在歷年(1997到2010年間)的資料相較下發現，蘭嶼島的母龜上岸次數較少、產卵間期短，但掘洞的次數較少，卵窩也較淺，這可

能是因為產卵季的氣溫較低及降雨量較多之故，所以龜卵的孵化期會較長。血液生化值分析顯示，產卵母龜的尿酸及尿素氮值會比標準值低，而三酸甘油酯及膽固醇值會較高，這些都與母龜的產卵生理變化有關。卵窩含氧量於孵化期間的變化研究顯示，於孵化的後期會達到最低值，而卵窩溫度會相對的增加近 5°C。

人造衛星追蹤研究於 8 月 15 日早上 3 點在小八代灣，為第五次上岸產卵的母龜進行人造衛星追蹤研究，該頭母龜一直待到 9 月 26 日才展開產後洄游的旅程。牠共洄游了 11 天，933.87 公里，而洄游速度為每小時 3.54 公里，其洄游的終點為琉球群島的多間良島。

在沙灘工作方面，蘭嶼的人為干擾以路燈及導遊的干擾為最大，也最常出現在海龜密集產卵的小八代沙灘上。這表是蘭嶼到的海龜保育，仍有努力的空間。本報告也對劃設綠蠵龜的產卵保護區提出了建議。

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 nesting ecological studies found that, the investigation period in 2010 lasted from June 29 till August 31, with the peak season lasted from July 1 till August 31. During this period, there was a record high of 20 nesters appeared on the beaches, with 30% old nesters. Most females nested on Ba-dai Beach. During the season of 2010, females nested 48 nests in total, with the average of 2 nests deposited by each turtle. 88% of females nested on Lanyu Island, and the fidelity to the first nesting beach was 92%. The average incubation period was 62 days, and hatching success was 63%. In comparison with the long-term studies of Wan-an Island, Penghu Archipelago (1997 to 2010), females on Lanyu Island emerged fewer times with shorter internesting interval. They, however, dug fewer times and constructed shallower nests. These could be related to the lower air temperature and higher precipitation during the nesting season. The incubation period was also longer on Lanyu Island. Plasma biochemistry studies showed that the uric acid and BUN was lower than the standard values, while cholesterol and triglyceride values were higher. These differences were due to the changes in physiological status of the females during the nesting activities. The study of oxygen dynamics during incubation showed that, the nest oxygen content reached the lowest level towards the end of incubation, while the nest temperature increased close to 5°C.

Satellite tracking was conducted in 3 am at Bi-Dai Beach on August 15. The tag was deployed on the female after her 5th nesting event. She started her post-nesting migration on September 26. The migration last for 11 days, migrated 933.87 miles with the migration speed of 3.45 miles per hour. Her foraging ground was Tarama Jima, Ryukyu Archipelago.

For the summer works on the nesting beach, the main anthropogenic threats were light pollution from the street lights and tourist guides. They also concentrated on the main nesting beach; Bi-dai Beach. These results suggest that there is still argent need to emphasize the sea turtle conservation on Lanyu Island. Recommendations for the possibility of designate the protected area of the nesting beaches is proposed.

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 | 4 |
| 三、 研究材料及方法 | 5 |
| 四、 結果與討論 | 14 |
| 蘭嶼島氣溫及降雨量資料 | 14 |
| 蘭嶼島生殖生態學調查結果 | 15 |
| 產卵母龜的血清生化值 | 17 |
| 龜卵孵化期間卵窩內氧氣含量的變化..... | 17 |
| 人造衛星追蹤研究結果 | 18 |
| 產卵沙灘的狀況 | 19 |
| 五、 建議 | 19 |
| 六、 參考文獻 | 20 |
| 七、 圖說 | 23 |
| 八、 表格 | 28 |
| 九、 附錄(含樣區、生物照片或工作情形照片) | 35 |

圖目錄

| | |
|----------|----|
| 圖一 | 23 |
| 圖二 | 23 |
| 圖三 | 24 |
| 圖四 | 24 |
| 圖五 | 25 |
| 圖六 | 25 |
| 圖七 | 26 |
| 圖八 | 27 |

表目錄

表一、28

表二、29

表三、30

表四、31

表五、32

表六、34

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 internesting 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。

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

A. 了解蘭嶼島上綠蠵龜之生殖生態、血漿生化及族群基因的特性，以及人為和自然干擾等的相關資料，以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，做出正確的判斷。

- B. 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。
- C. 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。
- D. 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，並進行劃設保護區之可行性的評估。

三、 研究材料及方法

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。

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。

1. 進行海龜之種類及分佈、生殖生態、稚龜孵化率、性別比、血漿生化的調查。

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，並取母龜表皮組織作為 DNA 鑑定之用，最後在右後肢各植入一枚晶片以標示之，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。

孵化率及實際耗氧卵數計算

待稚龜孵化後兩天，將卵窩挖開，計數卵皮數量、孵化中死亡、孵化後死亡、未受精的龜卵數，並依下列公示計算整窩稚龜孵化率：

$$\text{稚龜孵化率} = \frac{\text{孵化稚龜數}}{(\text{總卵數} - \text{未受精卵數})} \times 100\%$$

並會依卵皮上不同標示計算出卵窩內不同層之孵化率，另外依據 Miller (1985) 的胚胎分期的描述來判斷孵化中死亡的孵化期數。

$$\text{實際耗氧卵數} = \text{稚龜孵化數} + \text{孵化中死亡胚胎數}$$

顆粒分析

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 24 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 0.063 mm 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 $\psi (\text{phi}) = -\log_2 (\text{mm})$ 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)。

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

血漿生化調查

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 (圖 3-2-2)。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，訂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。

2. 在七月或八月於產卵母龜裝設發報器，追蹤其遷移及洄游路徑。

實驗儀器介紹：

本實驗使用 SRDL(Satellite Relay Data Logger) 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 SRDL 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，並於箱上蓋上帆布，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 SRDL 底部作為底座，並將 SRDL 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。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二小時。

3. 母龜產卵後，進行卵窩內龜卵氧氣消耗及溫度變化。

實驗儀器

(1) 氧氣分析儀

Absolute Oxygen analyzer 的生產公司 Qubit system，型號: S103

Absolute analyzer，測量氧氣範圍: 0~25%, 25~100%，偵測最小單位為 0.01%，偵測原理為氧化還原反應。

(2) 溫度計

為光學式溫度自動紀錄器，出產公司：Onset/(USA)，型號: U22 water Temp Pro V2，測量溫度範圍: $-20^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ，記憶體容量：64K bytes。

沙灘巡視

實驗期間，在入夜後七點到凌晨三點每兩小時巡視沙灘，當有母龜上岸產卵，則在旁安靜等候，待母龜開始產卵時放入投標器，以便尋找卵窩位置。母龜產完卵後，研究人員便沿著投標器挖掘卵窩並隨機取出 30 顆卵，測量龜卵的重量及直徑長，紀錄總產卵數，卵窩深度等資料，並且在四小時內將卵移至實驗沙灘，將龜卵埋入人工挖掘 65 公分深的實驗洞中。

實驗方法

(1) 實驗組

以人工挖掘 65 公分深之產卵洞，並將母龜產下的卵重新埋回人工產卵洞內，在埋回龜卵時依序在卵窩的底部、中央及頂部各埋設一枚 1 吋水族用氣泡石（以阻隔抽氣時將沙子或其他雜質抽取上來），連接 100 公分水族用風管（PVC 透明塑膠軟管，內徑 4mm，外徑 6mm）至沙灘表層，並且以氣閥封住塑膠管口，避免與外界空氣流通及沙子或水進入卵窩，測量卵窩內不同深度的氧氣含量，以了解卵窩內孵化

期間含氧量的變化，及其差異是否會受深度所影響。根據 Ackerman (1997) 指出，卵窩正在進行胚胎發育時，若窩與窩的距離靠的太近，則會影響到卵窩的氣體及溫度之傳導。此外，Ackerman (1977) 發現綠蠵龜和赤蠵龜，其窩與窩的中心點至少要相距 40 公分以上才不會相互影響氣體的傳導。因此，在本實驗中，窩與窩的間相距設定至少在 100 公分以上。同時在卵窩的中心埋設一枚溫度計以量測孵化期間之卵窩溫度的變化。

(2) 背景站

分別以沙層及乒乓球（100 顆）埋設的人工卵窩當作背景值。

a. 沙層

分別在距離沙灘表面 70 公分、55 公分、40 公分埋設一枚氣泡石（相當於卵窩的底部、中心及頂部位置），並且連接 100 公分水族用風管（PVC 透明塑膠軟管，內徑 4mm，外徑 6mm）至沙灘表層，並以氣閥將軟管封住。

同時在距離沙灘表面 55 公分處（相當於卵窩中心處）埋設一枚溫度計以紀錄實驗期間之沙層溫度。

b. 人工卵窩

由於乒乓球（40mm）似龜卵大小（平均約 45mm）因此以乒乓球來

當作模擬龜卵，在人工卵窩底部埋設一枚 1 吋氣泡石，放入 50 顆乒乓球後再埋設一枚氣泡石，然後將剩餘的 50 顆乒乓球放入後，在其頂端放置一枚氣泡石，氣泡石連接 PVC 軟管至沙灘表面，以氣閥將軟管封住。

氧氣值測量

氧氣測量方式為利用馬達經由 PVC 塑膠軟管將卵窩內氣體抽出約 60ml，氣體會經一氣體乾燥劑管柱 (Magnesium Perchlorate)，其目的在去除水蒸氣及二氧化碳，避免稀釋氣體中的氧氣濃度，及流入氧氣分析儀。

Wallace et al. (2004) 對卵窩內含氧量的測定方式，為以 50ml/min 抽取 3 分鐘；共抽取卵窩內氣體 150ml 的氣體，扣除抽氣器材所佔氣體量後，實際抽取約 50ml 的氣體，再以 Qubit System 公司 (型號 S102) 之氧氣分析儀來量測其氧氣含量。本實驗則以同一公司出產改良過之氧氣分析儀 (型號 S108) 來進行實驗，每次抽取 30 秒 (150ml/min)；共抽取卵窩內氣體 75ml，扣除 PVC 塑膠軟管內氣體含量 40ml，因此時抽取卵窩內的氣體量約為 35ml，以讀取其卵窩氧氣含量 (%)。由於野外實驗進行抽氣時，可能會影響到卵窩內之氣體環境，因此，本實驗參考 Wallnce et al. (2004) 的方式，並將所使用的儀器、管線都經過改良，所抽取的氣體量也比 Wallnce et al. 的方式少 30%，故本實

驗所抽取的氣體量並不會影響到卵窩內的胚胎發育。本實驗在測量下一個量測點的氧氣值前會先抽取大氣，使氧氣分析儀讀數回到大氣之氧氣含量（%）。

溫度量測

溫度計設定每半小時紀錄一次，一天共紀錄 48 筆溫度資料，以了解卵窩於整個孵化期間的溫度變化，而背景站則紀錄是從實驗開始至所有實驗結束期間的溫度變化。

將收集到的數據以 HOBOWare 軟體讀取光學式自動溫度紀錄器所收集到的溫度資料，製作圖形，並以 Excel 將溫度圖形資料轉換為表格數據以便進行分析。

四、 結果與討論

A. 蘭嶼島氣溫及降雨量資料

圖一及圖二為歷年來蘭嶼島的氣溫及總降雨量的月變化圖，由這些資料可知(表一)，蘭嶼島每年以夏季的溫度為最高冬季為最低，而雨季則出現在秋天到冬天之間。從歷年的資料相較中發現，對全年而言，1998 年的氣溫為最高，而 2008 年為最低。每年中，以七月的氣溫為最高，一月為最低。此外，從 1997 年起，蘭嶼島上的降雨量有逐年減少的趨勢((降雨量) = $128628.306 - 62.676(\text{年})$, $n = 14$, $r = 0.58$, $p = 0.03$) (表二)。

在與望安島相較之下(表三)，蘭嶼島於 2010 年度的氣溫(包括產卵季)會比望安島來的低，但雨量卻較多，但沙灘的顆粒較粗，分布也較不均勻。在歷

年(1997 到 2010 年間)的資料相較下(表四);蘭嶼島的氣溫(包括產卵季)仍比望安島來的低,但雨量卻較多。若以月份來看,除 2 月及 3 月外,蘭嶼島每月的氣溫都比望安島來的低,望安島 2 月的氣溫要比蘭嶼島來的低,而 3 月則相當。此外,蘭嶼每月的降雨量都高於望安島。

B. 蘭嶼島生殖生態學調查結果

今年的調查結果列於表五中,產卵季調查是從 6 月 29 至 8 月 31 日為止,而產卵高峰期是從 7 月 1 日至 8 月 31 日。在這段時間裡,共有 20 頭母龜上岸產卵(圖三),為歷年來產卵母龜最多的一年,有 3 成的產卵母龜曾經在蘭嶼產卵過。

上岸母龜的平均體長為 99.2 公分背甲直線長及 104 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 120 次,平均每頭母龜上岸 6 次。牠們共掘了 158 個洞,平均每頭母龜掘了 25 個洞,平均掘洞成功率為 18%。母龜共產下 48 窩卵,平均每頭母龜產下 2 窩卵。平均產卵成功率為 45%。在本季中,88%的母龜會在蘭嶼島上產卵,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 105 粒龜卵,而平均卵窩深度為 68 公分。平均龜卵大小為:直徑 4.3 公分,重量 46.6 克。平均龜卵孵化期為 62 天,在孵化期間,平均未受精率為 17%,孵化中死亡率為 37%,因此孵化率為 63%,孵

化後死亡率為 1%，而稚龜爬出率為 93%，clutch survival rate 為 48%，而 reproductive output 為 3715935 kJ。

由歷年的生殖生態學資料相較中(表一)發現；1997 年的龜卵為最大也最重，而 2000 年產下的稚龜為最長也最重。大部分的母龜都會在小八代灣的沙灘上產卵，而稚龜的背甲直線長會受到龜卵大小及重量的影響($y = 3.827 + 0.00387(\text{egg diameter}) + 0.0176(\text{egg wt})$, $n = 30$, $r = 0.523$, $p = 0.013$)，兩因子中以卵重的影響為最大($p = 0.029$)。且孵化中死亡率會隨著卵重的增加而減增多($y = -0.709 + 0.003088 x$, $n = 28$, $r = 0.411$, $p = 0.03$)。此外，從 1997 年起，母龜的掘洞次數有增加的趨勢 ($y = -2314.469 + 1.162x$, $n = 14$, $r = 0.695$, $p = 0.006$)，卵窩深度也會隨著平均氣溫而降低 ($y = 805.558 - 28.342x$, $n = 30$, $r = 0.559$, $p = 0.001$) (表二)。

在與望安島相較之下(表四)，蘭嶼島於 2010 年度的母龜體型較大，但掘洞的次數較少，產卵間期也較短。同時，每窩所含的龜卵數較少，但龜卵會較大且重，且孵化期會較長。望安龜卵在孵化中的死亡率較低，因此孵化率會較高，但孵化後的死亡率會較高。望安卵窩的 clutch survival rate 會較高，但稚龜會較小及較輕。

在歷年(1997 到 2010 年間)的資料相較下(表四)；蘭嶼島的母龜上岸次數較少、產卵間期短，但掘洞的次數較少，卵窩也較淺，這可能是因為產卵季的

氣溫較低及降雨量較多之故，所以龜卵的孵化期會較長。此外，望安的龜卵會較大且較重，但孵化中及孵化後的死亡率會較高，望安稚龜的背甲也會較長，也較重。

C. 產卵母龜的血清生化值

2010 年產卵母龜的血清生化值詳列於表六中。在與正常綠蠵龜基本血清值(Fong et al., 2010)相較後發現，uric acid 及 BUN 值較低，而 Cholesterol, triglyceride 和 LDH 值較高，前四值的差異與母龜在產卵時的生理變化有關，而 LDH 值會變高通常與組織受傷有關，在此並無適當的解釋。

D. 龜卵孵化期間卵窩內氧氣含量的變化

本季中我們將所有在小八代灣的龜卵，全部移至東清灣沙灘去孵化，並對其中 18 窩進行龜卵在孵化期間卵窩含氧量的變化，以了解龜卵的孵化生理變化，及主要因子的影響力。結果發現(圖四及圖五)，

卵窩在孵化的前期(< 50% 孵化期)，因器官剛形成需氧量不高，所以溫度及含氧量變化不大。卵窩在孵化接近最後時，因稚龜的孵化，新陳代謝量大增，導致溫度增加將近 5°C，卵窩氧含量也降至最低點。此外，卵窩的中央因與沙層交換不易，因此氧氣含量會降至最低值。

E. 人造衛星追蹤研究結果

於 8 月 15 日早上 3 點在小八代灣，為第五次上岸產卵的母龜進行人造衛星追蹤研究。該母龜體長為 101 公分背甲直線長，106 公分背甲曲線長，並曾於 1998、2002 及 2005 年均回到蘭嶼上岸產卵。由於所使用的固定膠為用於隧道工程的快乾膠，所以號稱能在水下進行黏著工作，因此沒有露水沾濕的問題。基於減少干擾母龜的原則，發報器固著工作是在母龜產完卵後，於夜晚即刻進行的，由於在產卵沙灘上使用燈光有所限制，因此沒能取得清晰的照片。

裝置發報器的母龜於早上 4 點多下海，第一筆資料是在 5 點 46 分取得。由於發報器具有 GPS 的功能，所以我們平均一天可以取得一至兩筆位置資料。該頭母龜一直待到 9 月 26 日再產下三窩卵後才結束其產卵季，並展開產後洄游的旅程，圖六為其產卵間期的位置分布圖。

母龜的產後洄游時間是從 9 月 26 日到 10 月 6 日為止，牠共洄游了 11 天，933.87 英里，而洄游速度為每小時 3.54 英里，算是非常快速的游泳動物，圖七為其產後洄游路徑。在到達覓食海域的多間良島後，母龜開始其覓食海域的活動，一直到 2011 年 3 月 17 日。基本上該島的北部近海區，應為其主要的活動海域，圖八為其覓食海域的活動分布圖。

F. 產卵沙灘的狀況

在產卵沙灘方面，因蘭嶼的人為干擾一直都很大，所以宣導的工作進度十分的慢，在所有的干擾中，以路燈及導遊的干擾為最大，也最常出現在海龜密集產卵的小八代沙灘上。由於今年上岸產卵的海龜數量比以前都多很多，因此研究人員不僅要進行海龜研究，也要疏導遊客，更常受到導遊的騷擾。由於路燈十分明亮，遊客無需手電筒就可下沙灘，加上導遊騷擾研究人員工作的情形十分嚴重，光害的評估，在實質上難以量化，這也代表，蘭嶼島上的海龜保育工作，尚有許多努力的空間。

此外，在這些問題中唯一令人欣慰的是，東清村及野銀的村民並不希望遊客在夜晚到村落旁的沙灘去玩，這讓我們有一個清靜的沙灘可工作，算是不幸中的大幸。然而，我們在蘭嶼工作已十四年，一直居無定所，像吉普賽人一樣的到處流浪，推動保育工作，義務為地方服務，卻常被當成出氣筒，有時真的會做到非常的洩氣，也為學生在努力的工作之餘，還被業者在遊客前羞辱感到心痛。

五、建議

由於長年在蘭嶼島的工作成果及蘭嶼為台灣一個重要的產卵棲地，蘭嶼的產卵母龜又為一獨立的管理單位，因此有絕對的必要將該島的產卵沙灘劃設

為保護區。然而，由於該島的民風正在轉化之中，而且個人主義盛行，在島上居住的漢人又多缺乏保育及環保的意識，雖然部份的達悟導遊已具有保育的觀念，也會開始推動正確的生態旅遊，江鄉長及黃秘書也是當地的保育健將，再加上海洋國家公園也計畫逐步推動島上的保育觀念。好像一切都水道渠成一樣，但由我們去年暑假不愉快的經驗得知，要劃設保護區尚需一段時間。不過由於有官方的介入，保護區劃設的時呈將會提早了很多，因此我的建議是持續的進行蘭嶼島上的綠蠵龜長期生殖生態的研究。因為唯有在經年累月的數據累積與分析下，我們才能正確的掌握當地產卵族群的生態變化，也才能對保護區的劃設，提出正確且有效的學理建議。

在建立起蘭嶼的海龜長期生態監測的工作上，台東林管處有著不可或缺的貢獻，因為海龜為一保育類野生動物，而林管處一直都很重視自然環境及物種的保育工作，也唯有在林管處的長期重視與贊助下，這個台灣重要的保育物種資源，才得以存續下來。

此外，除了蘭嶼島外，台東海岸在去年暑假也海龜上岸產卵的事實。許多相關的沙灘都在林管處的管轄範圍內。因此建議在新一年度的計畫中，加入台東縣海岸沙灘的調查，以了解海龜上岸產卵的情形，以及對已確定產卵沙灘附近的村落，進行海龜保育的宣導活動，一方面是喚起民眾對大自然資源的重視，另一方面也能落實東管處的保育理念。

六、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.
- 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.

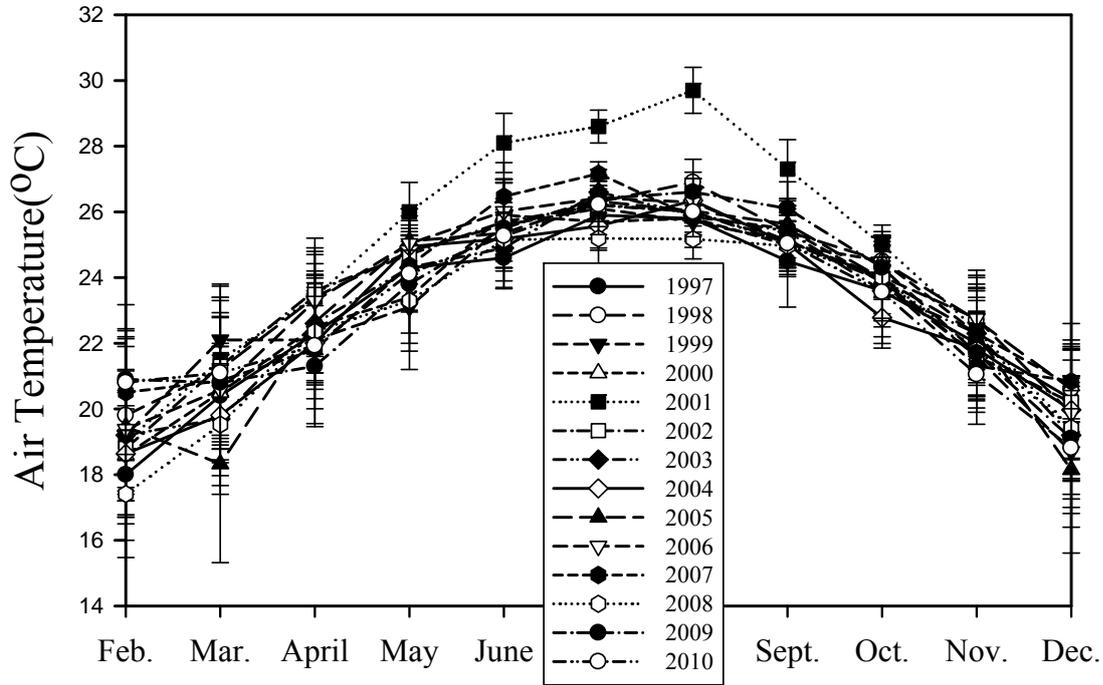
Cheng I-J, Dutton PH, Chen C-L, Chen H-C, Chen Y-H, Shea, J-W. 2008. Comparison of the Genetics and Nesting Ecology of Two Green Turtle Rookeries in Taiwan. *J Zool* 276(4): 375-384.

Cheng, I-J. 2009. Changes in diving behaviour during the internesting period by green turtles. *J Exp Mar Biol Ecol.* 381: 17-24.

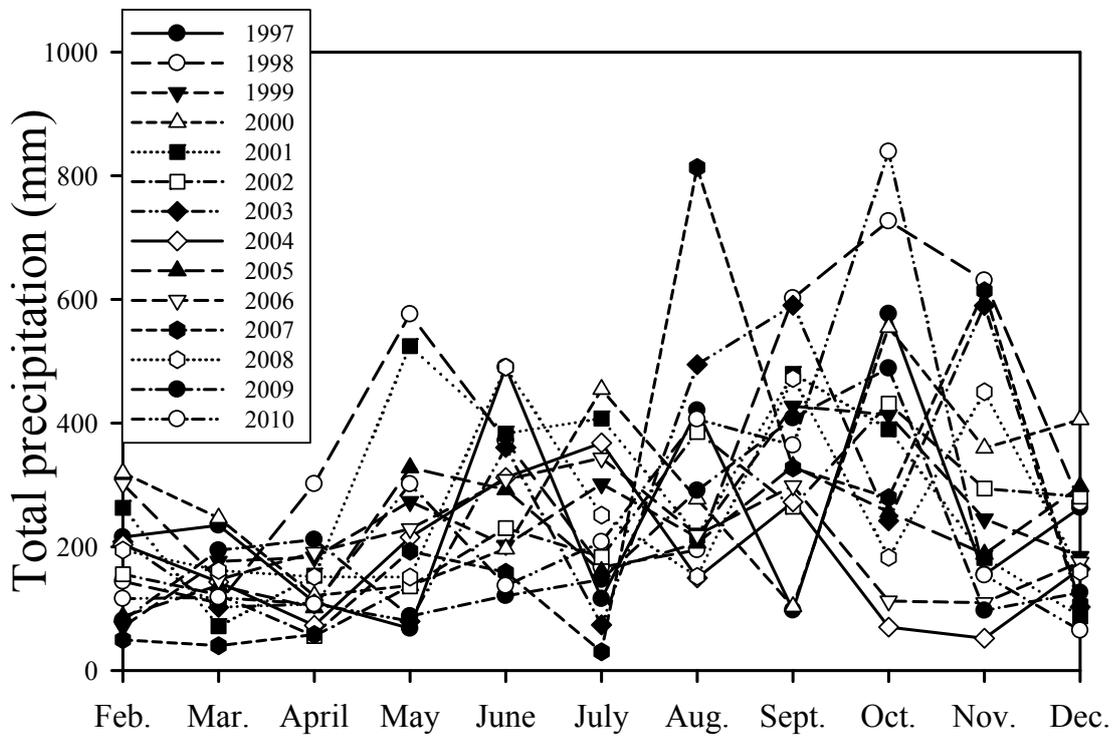
Fong C-L, Chen H-C, Cheng I-J. 2010. Blood profiles from wild populations of green sea turtles in Taiwan. *J Veterinary Med Anim Health* 2(2):08-10.

七、圖說

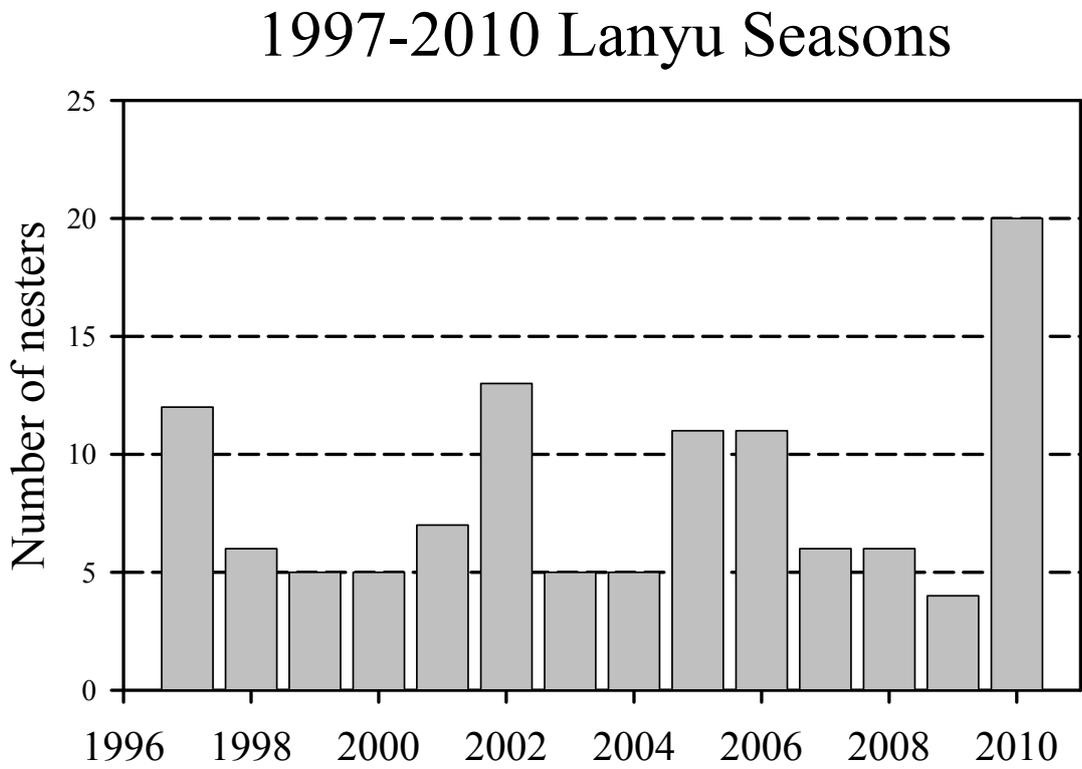
圖一、蘭嶼島歷年來月平均氣溫。



圖二、蘭嶼島歷年來月總降雨量。



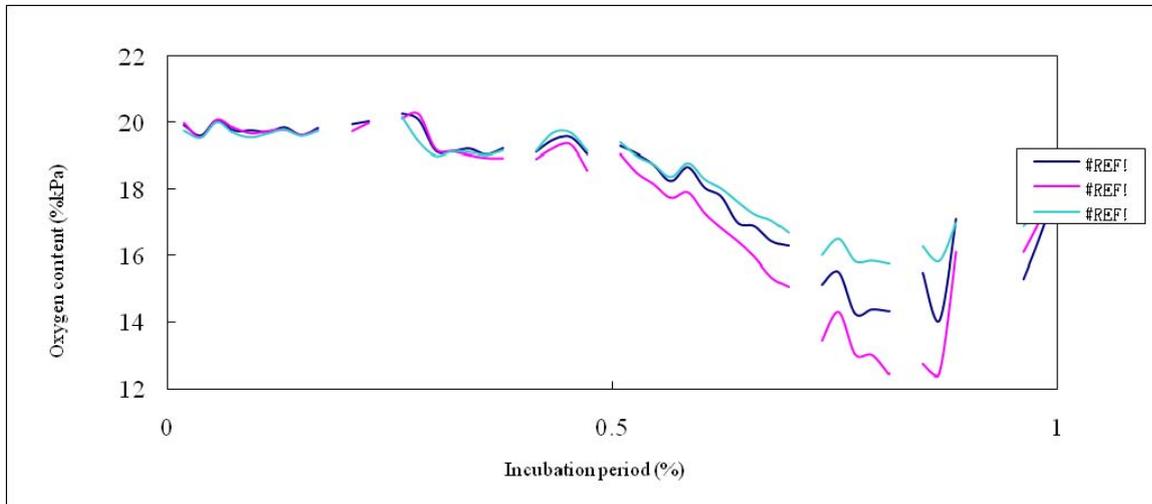
圖三、歷年蘭嶼母龜上岸產卵之數量。



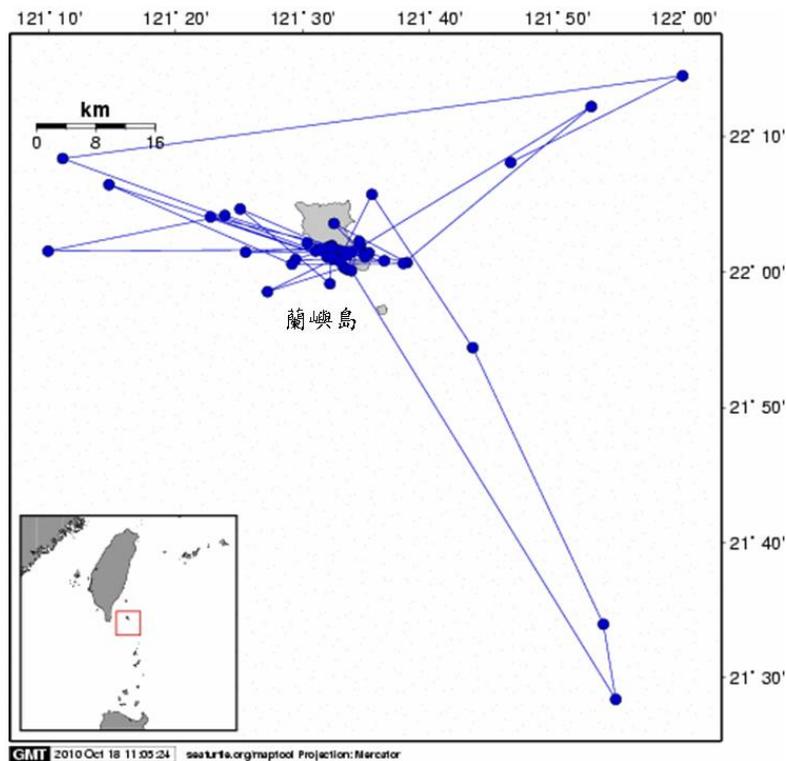
圖四、卵窩孵化期間的溫度變化圖。



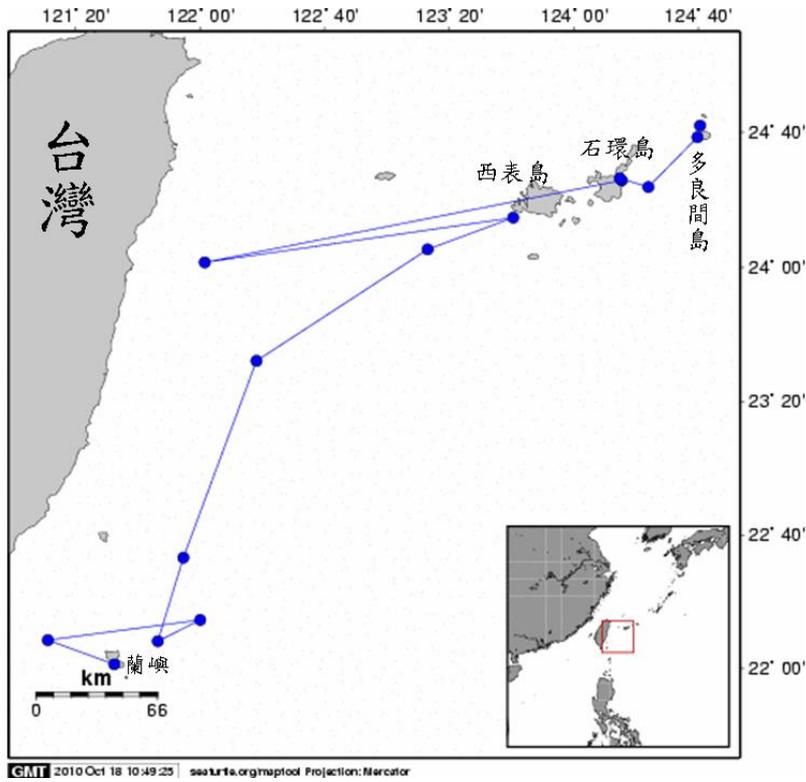
圖五、卵窩孵化期間的氧氣變化圖，其中深藍色為卵窩的底部，淺藍色為卵窩的頂部，而紅色為卵窩的中央位置。



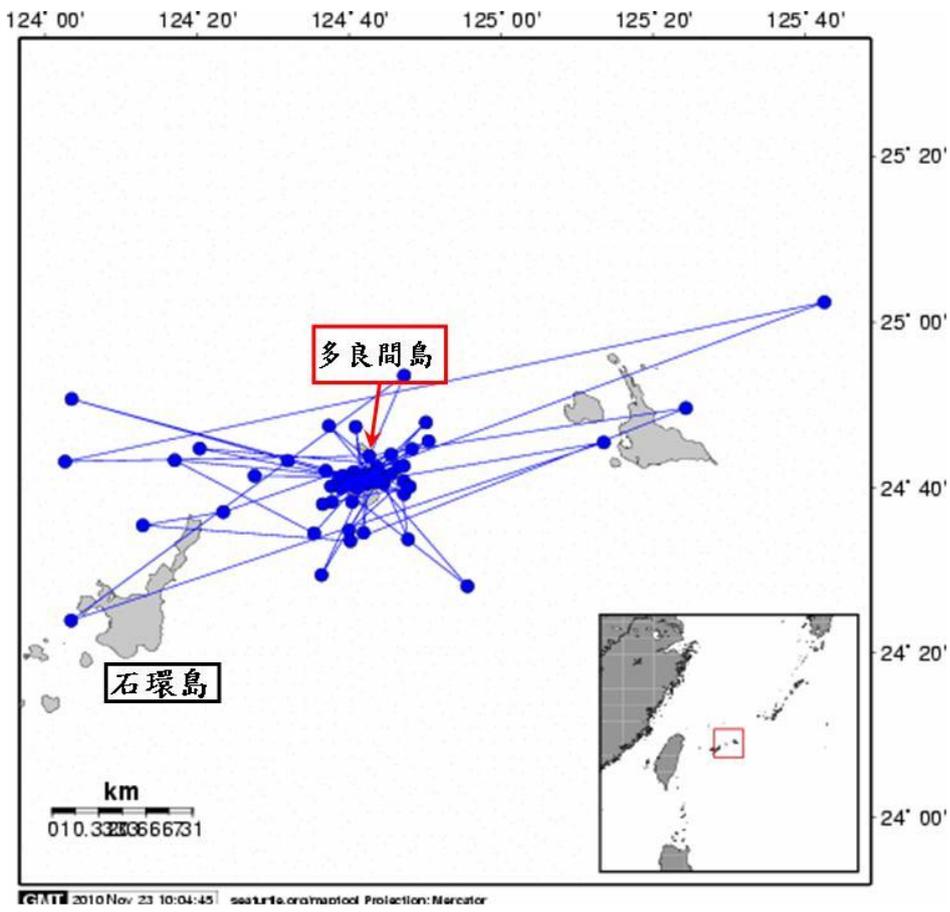
圖六、產卵母龜在產卵期間的海上活動範圍。



圖七、母龜的產後洄游路徑。



圖八、母龜的海上覓食棲地為琉球群島的多間量島。



八、表格

表一、蘭嶼島歷年的環境資料及生殖生態學資料比較結果。

| 參數 | 結果 |
|----------------|---------------------|
| 環境資料 | |
| 氣溫 | 夏季最高冬季最低 |
| 氣溫 | 1998 年為最高， 2008 年最低 |
| 雨季 | 出現在秋天到冬天之間 |
| 生殖生態學資料 | |
| 母龜 | 大多會在小八代灣的沙灘上產卵 |
| 龜卵 | 1997 年為最大也最重 |
| 稚龜 | 2000 年為最長也最重 |

表二、各量測參數間的關係式。

| 參數 | 結果 |
|----------------|----------------------------|
| 環境資料 | |
| | 從 1997 年起，蘭嶼島上的降雨量有逐年減少的趨勢 |
| 生殖生態學資料 | |
| | 稚龜的背甲直線長會受到龜卵大小及重量的影響 |
| | 孵化中死亡率會隨著卵重的增加而減增多 |
| | 卵窩深度會隨著平均氣溫而降低 |
| | 從 1997 年起，母龜的掘洞次數有增加的趨勢 |

表三、蘭嶼島與望安島量測參數相較結果: 2010 年產卵季。

| 參數 | 結果 |
|--------------------------|------------|
| 環境資料 | |
| 氣溫 | 比望安島來的低 |
| 降雨量 | 比望安島來的多 |
| 沙灘顆粒 | 較粗，分布也較不均勻 |
| 生殖生態學資料 | |
| 母龜 | 體型較大 |
| 掘洞次數 | 較少 |
| 產卵間期 | 較短 |
| 窩所含的龜卵數 | 較少 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 孵化期 | 較長 |
| 龜卵孵化中的死亡率 | 較低 |
| 孵化率 | 較高 |
| 孵化後死亡率 | 較高 |
| 卵窩的 clutch survival rate | 較高 |
| 稚龜 | 較小及較輕 |

表四、蘭嶼島與望安島量測參數相較結果: (1997 到 2010 年間)產卵季。

| 參數 | 結果 |
|----------------|---|
| 環境資料 | |
| 氣溫 | 比望安島來的低 |
| 降雨量 | 比望安島來的多 |
| 以月份來看 | 除 2 月及 3 月外，每月的氣溫都比望安島來的低，望安島 2 月的氣溫要比蘭嶼島來的低，而 3 月則相當 |
| | 蘭嶼每月的降雨量都高於望安島 |
| 生殖生態學資料 | |
| 母龜 | 上岸次數較少 |
| 產卵間期 | 較短 |
| 掘洞次數 | 較少 |
| 卵窩深度 | 較淺 |
| 孵化期 | 較長 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 孵化中及孵化後的死亡率 | 較低 |
| 稚龜 | 背甲較短，也較輕 |

表五、2010 年蘭嶼島海龜生殖生物學資料。

產卵季 6 月 29 日至 8 月 31 日

產卵高峰期 7 月 1 日至 8 月 31 日

母龜

| | 平均值 | 標準差 | 重複組 | 總數 |
|---------------------|-------|-----|-----|-----|
| 背甲直線長(cm) | 99.7 | 4.1 | 20 | |
| 背甲曲線長(cm) | 104.6 | 4.7 | 20 | |
| 產卵間隔(天) | 11 | 1.6 | 33 | |
| 每頭母龜本季上岸次數 | 7 | 4 | 20 | 141 |
| 每頭母龜本季掘洞次數 | 8 | 6 | 20 | 195 |
| 母龜掘洞成功率(%) | 48 | 33 | 20 | |
| 每頭母龜本季產卵次數 | 2 | 2 | 20 | 48 |
| 母龜產卵成功率(%) | 42 | 24 | 20 | |
| 對第一次產卵沙灘的 忠誠度(%) | 92 | 16 | 20 | |
| 母龜不在蘭嶼島產卵 的機率(%) | 12 | 21 | 20 | |

卵窩及龜卵

| | | | |
|--------------------------|---------|-------|------|
| 平均每窩含卵數 | 105 | 17 | 54 |
| 卵窩原來深度(cm) | 68 | 9.5 | 48 |
| 平均卵徑(cm) | 4.27 | 0.18 | 1590 |
| 平均卵重(g) | 46.63 | 11.39 | 1590 |
| 龜卵未受精率 (%) | 17 | 16 | 53 |
| 龜卵被掠食率 (%) | 0 | 0 | 53 |
| 龜卵孵化中死亡率 (%) | 37 | 30 | 53 |
| 龜卵孵化率(%) | 63 | 30 | 53 |
| 龜卵孵化後死亡率 (%) | 1 | 6 | 53 |
| 稚龜爬出率 a(%) | 93 | 24 | 53 |
| Clutch survival (%) | 48 | 32 | 53 |
| Reproductive output (kJ) | 7315935 | | |

孵化及稚龜

| | | | |
|-----------|------|------|----|
| 孵化期(天) | 61.5 | 2.9 | 16 |
| 背甲直線長(cm) | 5.0 | 0.22 | 20 |
| 背甲曲線長(cm) | 5.2 | 0.3 | 20 |
| 稚龜重(g) | 26.1 | 2.34 | 20 |

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(%) | 20 | 8 | 6 | 2 | 64 |
| 卵窩所在(%) | 9 | 4 | 6 | 0 | 79 |

沙灘顆粒分析

| | 平均值 | 標準差 | 重複組 | 性質 |
|----------|------|------|-----|---------------|
| 平均粒徑(mm) | 1.86 | 1.03 | 156 | 非常粗沙 |
| 篩選度 | 1.27 | 0.48 | 156 | poorly sorted |

表六、產卵母龜的血清生化值。

| 參數 | 平均值 | 標準偏差 | 重複組 |
|---------------------|--------|--------|-----|
| pcv(%) | 26.75 | 3.25 | 18 |
| | 27.14 | 3.06 | 18 |
| TP(g/dl) | 4.21 | 0.62 | 18 |
| Albumin(g/dl) | 2.22 | 0.22 | 18 |
| Globulin(g/dl) | 1.99 | 0.40 | 18 |
| A/G ratio | 1.14 | 0.15 | 18 |
| AST(GOT)(U/L) | 81.44 | 14.98 | 18 |
| ALT(GPT)(U/L) | <4 | | 18 |
| ALP(U/L) | 27.60 | 6.97 | 18 |
| LDH(U/L) | 542.06 | 236.15 | 18 |
| CK(U/L) | 756.56 | 619.20 | 18 |
| Glucose(mg/dl) | 86.89 | 25.86 | 18 |
| Cholesterol(mg/dl) | 269.11 | 54.47 | 18 |
| Triglyceride(mg/dl) | 677.39 | 357.29 | 18 |
| Calcium(mg/dl) | 11.82 | 1.99 | 18 |
| Magnesium(mg/dl) | 7.70 | 1.10 | 18 |
| BUN (mg/dl) | 3.77 | 1.22 | 18 |
| Creatinine(mg/dl) | 0.38 | 0.13 | 18 |
| Uric acid(mg/dl) | 0.74 | 0.20 | 18 |

註: 其中兩組標本出現血溶現象，因而排除不計。

九、附錄(含樣區、生物照片或工作情形照片)



圖一、東清灣沙灘。



圖二、東清灣沙灘。



圖三、東清灣沙灘上的伏流。



圖四、小八代灣沙灘。



圖五、小八代灣沙灘密不礫石。



圖六、小八代灣上的產卵棲地小。



圖七、小八代灣上的產卵棲地十分狹小。



圖八、小八代灣沙灘的光害問題十分嚴重。



圖九、小八代灣沙灘受到路燈光害的汙染。



圖十、小八代灣沙灘上的光汙染源：環島公路上的路燈。



圖十一、正在林投樹下產卵的母龜。



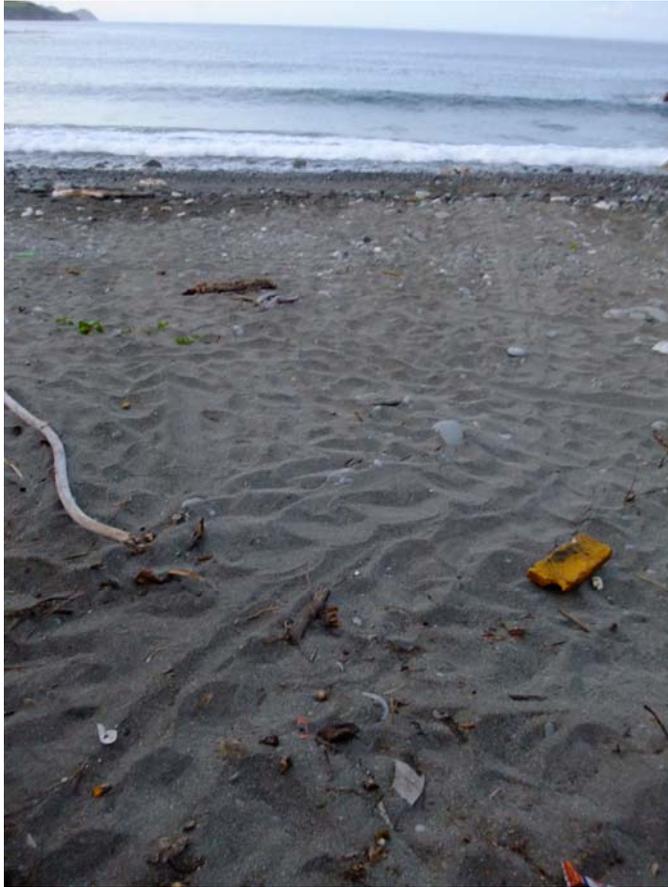
圖十二、產完卵後下海的母龜。



圖十三、下海的母龜。



圖十四、母龜返回大海。



圖十五、沙灘上的母龜爬痕。



圖十六、研究人員檢視母龜產卵的情形。



圖十七、母龜下海後，研究人員將卵窩挖開。



圖十八、卵窩中的龜卵。



圖十九、龜卵及稚龜的天敵；赤背松柏根。



圖二十、研究人員收集龜卵，準備移位。



圖二十一、研究人員量測龜卵大小與重量。



圖二十二、研究人員在晨曦中持續的工作。



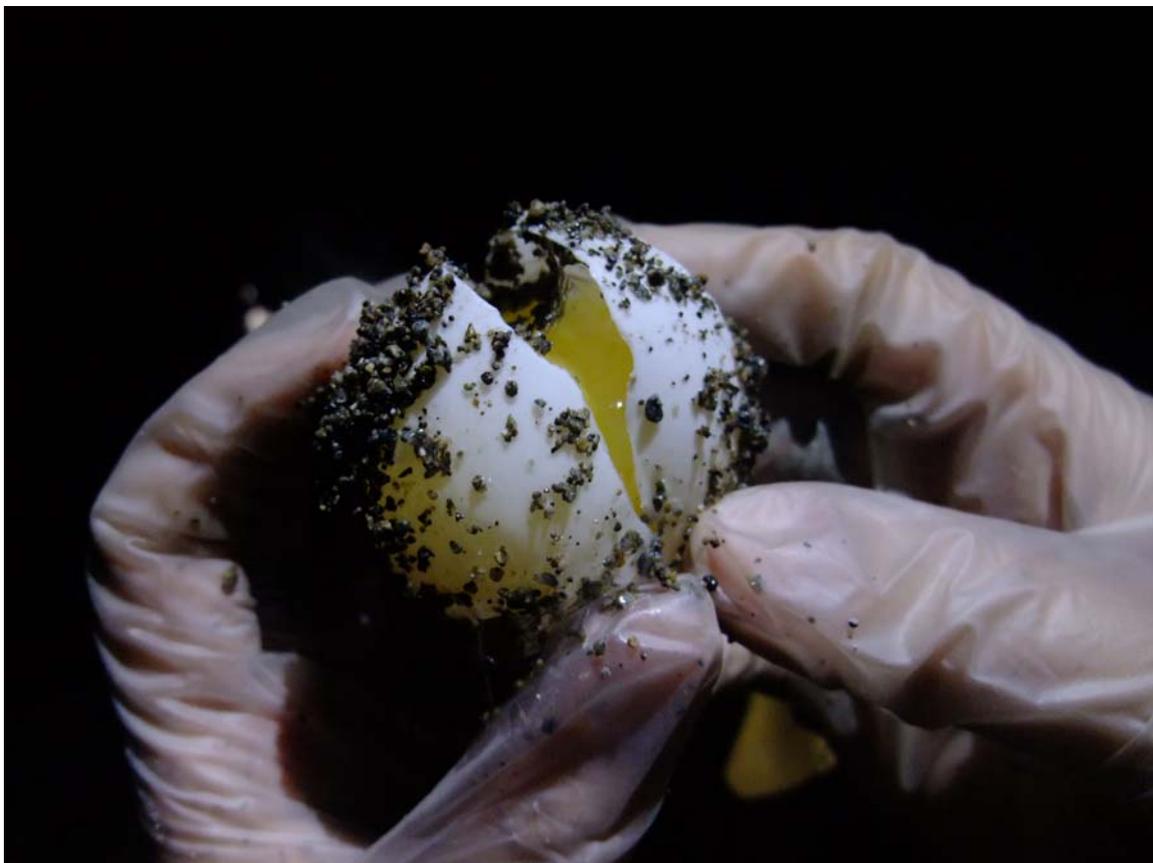
圖二十三、將龜卵上的沙土刷掉，準備進行量測。



圖二十四、龜卵直徑的量測。



圖二十五、龜卵重量的量測。



圖二十六、研究人員檢視未孵化的龜卵。



圖二十七、研究人員先挖好卵窩移位後所埋設的坑洞。



圖二十八、研究人員挖好卵窩移位後所埋設的坑洞。



圖二十九、研究人員正在埋設移位的卵窩。



圖三十、量測實驗卵窩深度。



圖三十一、日出時研究人員仍在進行卵窩移位的工作。



圖三十二、研究人員在東清灣沙灘上整理移位卵窩上方的沙網



圖三十三、研究人員在結束工作前，做數據的整理。



圖三十四、研究人員在東清灣沙灘上挖掘置放儀器的洞穴。



圖三十五、研究人員在東清灣沙灘上準備實驗工作。



圖三十六、研究人員在做實驗的準備。



圖三十七、研究人員在卵窩內放置溫度計記錄儀。



圖三十八、卵窩上方的氧氣量測裝置。



圖三十九、實驗背景站(乒乓球)的埋設。



圖四十、實驗儀器的裝設。



圖四十一、氧氣實驗的進行。



圖四十二、抽取的母龜血清樣本。



圖四十三、研究人員在工作站準備沙灘工作所需的器材。



圖四十四、研究人員於白天到實驗沙灘進行整理工作。



圖四十五、沙灘上的整理工作。



圖四十六、沙灘上的整理工作。



圖四十七、爬向大海的稚龜。



圖四十八、爬出卵窩的稚龜。



圖四十九、沙灘上的稚龜。



圖五十、游向大海的稚龜。

審查意見回覆：

1. 蘭嶼鄉公所建議

- a. 多謝鄉公所的建議，研究單位將會在新一年度計劃下來後，向鄉公所提出申請相關的研究證件。
- b. 研究單位將會透過公所與生態巡護志工團隊聯繫，並在協調後，請有興趣的志工，協助我們在沙灘上的研究工作。

2. 黃群策 委員

- a. 河道水泥化的現象，在 1997 年開始調查時就很嚴重。
- b. 新聞稿修正後如下：

由行政院農業委員會林務局台東林業管理處所贊助的研究計劃顯示，在 2010 年的夏季中，蘭嶼島上共有 20 頭綠蠵龜上岸產卵，打破了蘭嶼島歷年及澎湖縣望安島之記錄，且在同一季節中，於台東縣的杉原海灘也發現綠蠵龜會上岸產卵，這代表本縣去年產卵母龜的數量比往年都要多，且在蘭嶼島產卵的母龜中，有 7 成是新的成員。大部分的母龜都會在小八代灣的沙灘上產卵，且有 9 成會回到第一次產卵的沙灘上去找尋下一窩的位置。在本季中，母龜共產下 48 窩卵，平均每頭產下 2 窩。龜卵要花上 62 天才會孵化，且有 6 成的龜卵會孵化出小海龜。在與澎湖縣望安島的產卵母龜比較發現，蘭嶼島的母龜上岸次數比較少，兩次產卵的間距比較短，母龜挖產卵洞的次數比

較少，卵窩也較淺，但龜卵的孵化期卻會比較長，這些差異可能因蘭嶼島在產卵季中的氣溫較低，且降雨量較多所造成的。

海洋大學的研究團隊於 8 月 15 日早上 3 點在小八代灣，為第五次上岸產卵的母龜進行人造衛星追蹤研究，該頭母龜一直待到 9 月 26 日才展開產後洄游的旅程。牠共洄游了 11 天，游了 933.87 公里，而洄游速度為每小時 3.54 公里，相當於行軍速度，這可能和母龜順著黑潮向北洄游有關，牠最後停留在琉球群島南部的多間良島(介於宮古島與石垣島之間)。

在海龜保育方面，蘭嶼島上的產卵沙灘常會受到人為的干擾，其中以路燈及導遊的干擾為最大，也最常出現在海龜密集產卵的小八代沙灘上，這代表蘭嶼島上的海龜保育工作，仍需繼續努力。此外，台東縣的海岸上也有若干地區，如成功鎮，有綠蠵龜上岸產卵的記錄，這些地區都非常值得我們做進一步的調查。

海龜保育之所以會那麼重要，是因為海龜雖為保育類的野生動物，但牠的重要棲息地—產卵沙灘及沿近海，尤其是珊瑚礁、海草床及岩岸等，幾乎都是人類重要的活動地區。在這種情形下，海龜非常容易因這些棲地的破壞，而滅絕或是遷移到其他地方去，因此牠是一個非常重要的環境指標物種。此外，因海龜並非定期回來產卵，所以需在長期生態監測的研究中，才能確定

這些重要的生態環境，是否已經遭到人類的破壞。再者，海龜為一明星物種，牠深受人們的重視與喜愛，因此我們可利用牠的高知名度，發揮“領航物種”的功能，由注重牠的生存及棲地的完整，來推動及落實海洋生態保育，讓大家由不希望牠從這塊土地上消失掉，而注重我們的海洋環境。在這過程中，教育佔有著不可或缺的地位，這是因為生態保育是一種潛移默化的工作，並非法律可強制達成的，許多相關的事物，均有賴大家的共識方能落實。在這種情形下，課堂內的正規教育，及戶外教學、生態解說、生態旅遊等的非正規教育，都是我們取得大家對綠蠵龜，甚至是海洋生態，保育重視之共識的重要手段。也唯有在大家從漠視或是不當使用資源的立場，轉為愛護及愛惜的態度後，生態保育才能在國人心中紮根。

- c. 由於海龜並非每年或是定時會回來產卵；頻度為每隔 2-9 年，加上海龜要在前一年吃飽後，才會在第二年上岸產卵。因此當氣候劇烈變化時，像是反聖嬰現象發生時，海龜就會因食物不夠豐盛而於次年再回來產卵。在這種情形下，每年上岸產卵母龜數量的變動率會超過 300%。海龜資源的調查，僅十年的時間是不夠的，需以長期生態監測的態度為之，時間至少要 30 到 50 年，或是更長才能得知當地產卵母龜族群量的變動。

3. 林錦祥 委員

綠島因有地熱，因此沒有海龜會上岸產卵，至於台東海岸的部份，本實驗室在 2003 及 2006 年均進行過，台東縣海岸海龜可能上岸產卵地的調查。在 2008 年，由實驗室畢業的學生重新視察過可能產卵的沙灘，結果列於後面：

2003 年

本計劃於 7 月 3 日曾進行過一次實地探勘，發現共有 24 處是為可能上岸的地點，分別是大武鄉的大武漁港南北側和大鳥休憩站、太麻里鄉的金崙溪大橋及金崙火車站、新香蘭、太麻里溪口處、太麻里鎮邊、北太麻里橋、新吉隧道、南坑、三和、台東市的知本及建農里、卑南鄉的杉原、東和鄉的新蘭、隆昌、金樽、成功鎮的新村到東管處、三仙台到白守蓮、重安到宜灣、長濱鄉的烏石鼻到白桑安、竹湖到永福、長濱鎮到統鼻、彰原等沙灘。各沙灘目前狀況如下：

大武鄉的大武漁港南側已成為為礫石灘，另有大量消波塊放置；北側則在施工中，正構築一 3 公尺高砂堤，另有消波塊放置。大鳥休憩站南側沙灘上堆置消波塊，北側另有一沙灘，但容易遭到大浪侵襲。太麻里鄉的金崙溪大橋及金崙火車站下方沙灘，、新香蘭、太麻里溪口處、太麻里鎮邊、北太麻里橋、新吉隧道、南坑、三和、台東市的知本及建農里、卑南鄉的杉原、東和鄉的新蘭、隆昌、金樽、成功鎮的新村到東管處、三仙台到白守蓮、重安到宜灣、長濱鄉的烏石鼻到白桑安、竹湖到永福、長濱鎮到統鼻、彰原等沙灘。今年因經費有限，我們僅對台東縣海岸之綠蠵龜可能上岸的地點進行 3 次調

查，時間分別為 7 月 26 至 28 日、8 月 25 到 26 日及 10 月 1 到 2 日。三次實地探訪的結果顯示，24 處可能的地點中，僅太麻里鄉的金崙溪大橋及金崙火車站及南坑等兩沙灘上有海龜挖掘的痕跡。然而，此兩沙灘在杜鵑颱風的重創下，所有的痕跡在 10 月的實地探訪時，已不復存。

調查時間:2003 年 七月至十一月

| Site | 鄉 | 地點 | 建議方式 | 備註 |
|------|-----|-------------|------|----------------------------------|
| 1 | 大武 | 大武漁港旁 | ☞;2 | 公路 437 Km(礫石) |
| 2 | 大武 | 大鳥休憩區 | ;2 | 公路 433 Km |
| 3 | 太麻里 | 大竹篙橋兩岸 | 2 | 423 過 500m 的小路進去 |
| ○4④ | 太麻里 | 金崙溪大橋及金崙火車站 | ☞; | 由圓形亭旁進入沙灘，進大橋旁的小路 |
| 5 | 太麻里 | 新香蘭 | ☞; | 由港口沿公路 407.5 Km 處進入舊省道，從紅色亭子進入沙灘 |
| 6 | 太麻里 | 太麻里溪口，溪底 | 2 | 舊省道 |
| 7 | 太麻里 | 太麻里鎮 | ☞; | 往北上 407 Km 前小路 |
| 8 | 太麻里 | 北太麻里橋 | ☞; | |
| 9 | 太麻里 | 新吉隧道 | ☞; | |
| ○10⑩ | 太麻里 | 南坑 | ☞; | 由台塑加油站旁的小路，404Km |
| 11 | 太麻里 | 三和 | ☞; | 太麻里與知本交界 369.5 處下 |
| 12 | 太東市 | 知本 | ☞; | |
| 13 | 太東市 | 建農里北上 | ☞; | 177 路口切入 |
| 14 | 卑南 | 杉原 | ; | 杉原海水浴場 (需買門票進入) |

| | | | | |
|----|----|---------|-----|---------------------|
| 15 | 東和 | 新蘭 | 2 | 渚橋(礫石灘) |
| 16 | 東和 | 隆昌 | ☞; | 天主堂前小路 |
| 17 | 東和 | 金樽 | ☞; | 迴轉南下萬霖鋼鋁旁小 路下切河道 |
| 18 | 成功 | 新村到東管處 | ☞;2 | |
| 19 | 成功 | 三仙台到白守蓮 | ☞; | 過東管處路旁小路 |
| 20 | 成功 | 重安到宜灣 | 2 | 公路 103-105 處 |
| 21 | 長濱 | 烏石鼻到白桑安 | 2 | 膽曼到白桑安 |
| 22 | 長濱 | 竹湖到永福 | 2 | |
| 23 | 長濱 | 長濱鎮到統鼻 | 2 | 公路 84.5 Km 處 |
| 24 | 長濱 | 彰原 | ; | 車輛至十八羅漢洞前接 人 |

(☞吉普車)(;步行)(2望遠鏡)

2006 年

| 鄉鎮 | 詳細地點 | 詳細地址 |
|-----|------|--------------------------------|
| 長濱鄉 | 大峰峰 | 台 11 線 73km; 八哥浪浪屋、台東縣與花蓮縣交界 |
| 長濱鄉 | 彰原村 | 台 11 線 73.5km; 中華電信機房旁小路 |
| 長濱鄉 | 黃金橋 | 台 11 線 74.5km; 長濱幹線 695 |
| 長濱鄉 | 八仙洞 | 台 11 線 76km; 八仙洞與樟原橋 |
| 長濱鄉 | 大俱來 | 台 11 線 78.5km; 自行車道 |
| 長濱鄉 | 三間屋 | 台 11 線 95.5km; 長濱幹線 600, 穗記碾米廠 |
| 長濱鄉 | 統鼻 | 台 11 線 81km; 墳墓區 |
| 長濱鄉 | 真柄 | 台 11 線 84km; 脫線牧場 |
| 長濱鄉 | 城仔埔 | 台 11 線 85km; 長濱幹線 375 |
| 長濱鄉 | 田組 | 台 11 線 89km; 長濱幹線 363 |
| 長濱鄉 | 竹湖 | 台 11 線 92.5km |
| 長濱鄉 | 白桑安 | 台 11 線 95.5km; 八桑安發展協會 |
| 長濱鄉 | 寧埔 | 台 11 線 97km; 南石寧橋、壩橋 |
| 長濱鄉 | 烏石鼻 | 台 11 線 97.5km; 烏石鼻沙灘 |
| 長濱鄉 | 膽曼 | 台 11 線 98km; 膽曼社區圖騰 |
| 成功鎮 | 宜灣 | 台 11 線 101km; 沙灣溪、大濱橋 |
| 成功鎮 | 重安 | 台 11 線 101.5km; 常濱幹線 48 |
| 成功鎮 | 石雨傘 | 台 11 線 105km; 石雨傘休息區 |

| | | |
|------|------|----------------------------------|
| 成功鎮 | 三仙台 | 台 11 線 111km；三仙台風景區 |
| 成功鎮 | 成功 | 台 11 線 115.5km；成功魚港 |
| 成功鎮 | 八邊 | 台 11 線 118km；麒麟三橋、八邊橋 |
| 成功鎮 | 都歷 | 台 11 線 127km；都歷幹線 212 |
| 東河鄉 | 金樽 | 台 11 線 133.5km；金樽魚港 |
| 東河鄉 | 隆昌 | 台 11 線 139.5 km；萬霖鋼鋁、七里橋 |
| 東河鄉 | 羊橋 | 台 11 線 149km；廢棄房屋 |
| 東河鄉 | 舊廊 | 台 11 線 153km；卑南黃金海岸 |
| 東河鄉 | 都蘭 | 台 11 線 153.5km；安天宮 |
| 東河鄉 | 加母子 | 台 11 線 154km |
| 東河鄉 | 加路蘭 | 台 11 線 158km；加路蘭休息區 |
| 台東市 | 知本 | 台 11 線 168km，南下新豐里橋前 |
| 太麻里鄉 | 美和 | 台 11 線 177km；利嘉溪口，知本陸橋北側岔路 |
| 太麻里鄉 | 三和 | 台 9 線 396.5km，三和安檢所 |
| 太麻里鄉 | 新吉 | 台 9 線 401km；太峰茶行 |
| 太麻里鄉 | 太麻里 | 台 9 線 402.5km；高架橋南側 |
| 太麻里鄉 | 新香蘭 | 台 9 線 405.5km；遠天宮 |
| 太麻里鄉 | 金崙 | 台 9 線 415km，金崙大橋南端 |
| 太麻里鄉 | 多良 | 台 419km，多良橋 |
| 太麻里鄉 | 大竹高橋 | 台 9 線 422.5km，大竹篙橋北側入口 |
| 大武鄉 | 富山橋 | 台 9 線 427.5km |
| 大武鄉 | 加津林橋 | 台 9 線 428.5km，加津林橋 |
| 大武鄉 | 大鳥橋 | 台 9 線 433.5km，大鳥休息區 |
| 大武鄉 | 大武 | 台 9 線 437km，大武大武魚港北側 |
| 大武鄉 | 大武漁港 | 台 9 線 439km，北隆宮對面 |
| 大武鄉 | 南興 | 台 9 線 441km，大武鄉與達仁鄉交界處 |
| 達仁鄉 | 達仁 | 台 9 線 443.5km，達仁溪口、安朔橋、台東縣與屏東縣交界 |

本計畫於 95 年 7 月 28~29 日、95 年 8 月 21~22 日、以及 95 年 9 月 19~20 日等三個期間進行實地探勘，共發現 16 處適合海龜產卵的棲息環境，有可能會有海龜上岸的地點，分別為長濱鄉(大峰峰、八仙洞、大俱來、統鼻、真柄、城仔補、白桑安)；成功鎮都歷；東和鄉(金樽、都蘭)；太麻里鄉(美和、新吉、太麻里、新香蘭、多良)；大武鄉大鳥橋等 16 處，其詳細探查實況如下所述：

2008 年

沙灘一：新吉

台 9 線過了新吉隧道後，便是新吉村。海岸線長約 2.5 公里。本次調查從台九線約 400.1 公里處下至海灘，新吉的沙灘寬度約 50 米，顆粒從細沙至小型礫石皆有，愈靠潮線上濱緣處之礫石愈大，沙灘底部靠馬路處有許多木麻黃及馬鞍藤等植被覆生，沙灘上有許多越野

車之車輪印，沒有發現海龜之爬痕。

沙灘二：太麻里

自台 9 線約 402.5 公里，北太麻里溪口處，始為太麻里村的海岸範圍，直至 405.5 公里南太麻里溪口為止，長約三公里。

太麻里沙灘之砂質較新吉為細，縱深也較深，約有 70 公尺，上方僅由木麻黃覆蓋，並無發現馬鞍藤等草本故沙植物之生長。進上濱緣處仍見礫石灘分佈，但顆粒較新吉為小，地勢也較平緩。沙灘上仍舊佈滿吉普車之車輪印，且並無發現海龜之爬痕。

沙灘三：金崙

金崙沙灘位於台九線 415 至 417 公里處，長約兩公里，中有金崙溪阻隔，皆為礫灘，礫石大小不一，沙灘中段有舊河道之痕跡，據村民訪談結果，雨季時金崙溪流向不定，尤其出海口處常有數股溢流沖刷，造成沙灘地形之變化。金崙西北側沙灘離村莊較近，因此有許多釣客聚集，南側需從金崙溪大橋南端進入，入口處做了許多竹籬笆之固沙工程，並未遇見釣客，且沙灘上仍佈滿車輪印，也未發現海龜之爬痕。。

沙灘四：大鳥

大鳥位於台 9 線 433 公里處，北方自金崙以降，連續 16 公里，海岸山脈均緊貼著海邊綿延，沙灘腹地狹小，且需上攀數百公尺才能回到公路，本次調查期間因颱風將至，浪均甚大，故並未調查。大鳥沙灘本次調查北起大鳥村入口，海巡管制站始，南至大武溪口止，共計三公里。本沙灘與公路交界處均放置消波塊，許多以埋入沙堆中，並無草本固沙植物生長，沙灘縱深約 30 米，砂質細，上濱緣處礫灘較少，均為礫石與沙混和出現，沙灘上也佈滿車輪印，並未發現海龜之爬痕。

4. 朱木生 委員

- a. 非常同意委員的建議，若有可能執行，將全力推動。
- b. 這部分尚需委員幫忙與社區及海巡署溝通，若有可能，將全力推動相關的工作。

5. 董世良 委員

- a. 多謝指正，結案報告將重新整理後，將錯字加以修正並附於本報告之後。
- b. 是的，卵窩在孵化過程中，因器官形成及細胞成長、增加，造成新程代謝

速率加快，產生的代謝熱也因而隨之增加。

- c. 未比較蘭嶼島及望安島的血清生化資料是因為望安島的數據量不足，無法提出有效的比較結果。未比較族群基因值是因為這部分已比較過，並在國際期刊上發表(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 Zoology 276(4): 375-384.)。至於人為干擾部分，因涉及主觀見解和爭議性太高，所以不便加以比較。
- d. 蘭嶼島上，一天中干擾海龜最大的時段為晚上 7 點到 11 點之間。
- e. 琉球群島的多間良島四周都是沙灘，附近珊瑚礁及海草床密佈，是一處優良的綠蠵龜覓食海域，因此在蘭嶼島產卵的母龜，自然會選擇該島附近的海域覓食。

6. 鍾金明 主任:

多謝指正，結案報告將重新整理後加以修正。

7. 劉瓊蓮 委員:

望安及蘭嶼生殖生態的比較結果，會以表列方式呈列於下，並加入修正後的結案報告中:

歷年的環境資料及生殖生態學資料相較

參數

結果

環境資料

氣溫 夏季最高冬季最低

氣溫 1998 年為最高， 2008 年最低

雨季 出現在秋天到冬天之間

生殖生態學資料

母龜 大多會在小八代灣的沙灘上產卵

龜卵 1997 年為最大也最重

稚龜 2000 年為最長也最重

各參數間的關係式

參數

結果

環境資料

從 1997 年起，蘭嶼島上的降雨量有逐年減少的趨勢

生殖生態學資料

稚龜的背甲直線長會受到龜卵大小及重量的影響

孵化中死亡率會隨著卵重的增加而減增多

卵窩深度會隨著平均氣溫而降低

從 1997 年起，母龜的掘洞次數有增加的趨勢

與望安島相較: 2010 年產卵季

| 參數 | 結果 |
|----------------|------------|
| 環境資料 | |
| 氣溫 | 比望安島來的低 |
| 降雨量 | 比望安島來的多 |
| 沙灘顆粒 | 較粗，分布也較不均勻 |
| 生殖生態學資料 | |
| 母龜 | 體型較大 |
| 掘洞次數 | 較少 |
| 產卵間期 | 較短 |
| 窩所含的龜卵數 | 較少 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 孵化期 | 較長 |
| 龜卵孵化中的死亡率 | 較低 |
| 孵化率 | 較高 |
| 孵化後死亡率 | 較高 |

卵窩的 clutch survival rate 較高

稚龜 較小及較輕

與望安島相較: (1997 到 2010 年間)產卵季

參數

結果

環境資料

氣溫 比望安島來的低

降雨量 比望安島來的多

以月份來看 除 2 月及 3 月外，每月的氣溫都比望安島來的低，望安島 2 月的氣溫要比蘭嶼島來的低，而 3 月則相當

蘭嶼每月的降雨量都高於望安島

生殖生態學資料

| | |
|-------------|----------|
| 母龜 | 上岸次數較少 |
| 產卵間期 | 較短 |
| 掘洞次數 | 較少 |
| 卵窩深度 | 較淺 |
| 孵化期 | 較長 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 龜卵 | 較小且較輕 |
| 孵化中及孵化後的死亡率 | 較低 |
| 稚龜 | 背甲較短，也較輕 |
