

澎湖縣政府農漁局

101 年度

澎湖縣政府農漁局「澎湖縣海龜族群量生態調查
及保護區經營管理計畫」成果報告

承辦廠商：國立臺灣海洋大學

合約編號：AF-101-06

澎湖縣海龜族群量生態調查及 保護區經營管理計畫

指導單位：行政院農委會林務局

主辦單位：澎湖縣政府農漁局

執行單位：國立台灣海洋大學 生命科學院 海洋生物研究所

目錄

壹、摘要.....	2
貳、前言.....	4
參、實施方法與步驟.....	5
肆、成果.....	12
伍、結論.....	41
陸、建議.....	44
附錄壹、活動照片及說明.....	48
附錄貳：澎湖縣白沙鄉海龜保育巡迴演講之國小.....	57
附錄參：望安鄉沙灘位置圖.....	58
附錄肆：2012 年望安綠蠵龜紀錄表.....	59
附錄伍：海龜保育巡迴演講講義.....	62
附錄陸：綠蠵龜生態導覽解說講義.....	67

壹、成果摘要：

本計畫成果報告依計畫活動內容，分成海龜資料收集、分析、野外調查分析、白沙鄉國民小學保育巡迴演講活動及辦理望安鄉轄內綠蠵龜生態導覽解說。

一、海龜資料收集、分析、野外調查分析

執行期間：2012 年 6 月中旬至 2012 年 10 月中旬。

今年的產卵季是從6月30日至9月19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4頭母龜上岸產卵，其中有3頭母龜都曾來過望安產卵。

上岸母龜的平均背甲直線長為 95.2 公分，平均背甲曲線長為 100.9 公分，母龜平均每隔約 15 天就上岸產卵一次，在本季中，所有的母龜共上岸 53 次，平均每頭母龜上岸 13 次。牠們共挖掘了 109 個洞，平均每頭母龜挖掘 27 個洞。所有的母龜共產下 21 窩卵，平均每頭母龜產下 5 窩卵。主要產卵的沙灘為 A(天台山)及 C(土地公)沙灘。

在有紀錄的 15 窩卵中，共有 1307 粒龜卵，至 9 月 2 日為止共有 7 窩孵化，存活的稚龜數為 439 隻。

二、白沙鄉國民小學保育巡迴演講活動

執行期間：2012 年 5 月下旬至 2012 年 10 月上旬。

澎湖縣望安島之綠蠵龜產卵棲地保護區，自從 1995 年劃設以來，已使得望安在台灣有綠蠵龜故鄉之稱，為澎湖縣一項重要的觀光資源。因此我們舉辦「國民小學保育巡迴演講」活動，以澎湖縣當地的國民小學老師及學生為對象，進行巡迴演講宣導綠蠵龜生態保育，使得學員能更加地認識自己的故鄉，做好生態環境保育及教育的紮根工作。本活動分成七個場次舉行，分別為白沙鄉的中屯國小、講美國小、港子國小、赤崁國小、吉貝國小、鳥嶼國小及後寮國小，共計七所學校，合計 354 名學生參與。活動實施時間分別為 100 學年度學期末及 101 年度學期初。各校師生在參與活動過程中，經由演講方式，使澎湖下一代能以保護海龜族群為榮，並視海龜為澎湖縣的代表性動物。

三、望安鄉轄內綠蠵龜生態導覽解說

執行期間：101 年 7 月至 101 年 8 月。

澎湖縣望安島之綠蠵龜產卵保護區，從 1995 年劃設以來已經過了十七年。此期間縣政府持續推動綠蠵龜保育，為了將生態保育的理念推廣出去，將綠蠵龜保育向下紮根，除了辦理國民小學的保育巡迴

演講，也對望安島上的民眾及來島上旅遊的遊客進行綠蠵龜生態導覽解說，希望藉由這樣的活動，將海龜保育的信念推廣至一般大眾，達到生態保育的目的。

貳、前言

澎湖縣望安島之綠蠵龜產卵棲地保護區，自從民國1995年劃設以來，已屆滿十七年。在此期間因國人對野生動物保育的重視、媒體的大幅報導、政府的大力支持以及國際的重視，使得這小小的23公頃多之保護區，享有全國以及國際的知名度。每年到夏天，都有數百到數千人，不遠千里到這原本不知名的小島過夜，以便一睹綠蠵龜產卵的奇景及牠安靜的產卵沙灘。這項保育工作的成果，也帶動了國內其他野生動物保育的風潮，完全達到將海龜當保育動物“flagship species”的功能。由於近年來，保育工作逐漸講求社區參與，保護區又有經營管理之必要，因此我們在保護區的工作，需能兼顧當地社區的發展，才能落實這項工作，也才能讓望安，甚至是澎湖的居民能以保護望安海龜族群為榮。並視海龜能成為他們日常生活中之一部分，為當地一項重要的觀光資源，落實生態保育教育，將能達到此一目標。

為了達到此一目的，本計畫辦理一系列的活動，以澎湖縣當地的國小生及教師為對象，將過去十七年所努力的成果以生態教育巡迴演

講及種子教師培訓的方式，使學員得以充份瞭解海龜之生態習性，瞭解自身所處的環境中，有著需要被我們瞭解、認識進而去保護牠的物種，進而宣導保育之觀念，並且透過種子教師的培訓，讓保育的種子不斷地向外擴散，且讓保育教育與觀念持續向下紮根。

基於上述的研究構想，本研究的目的如下：

- 一、明瞭澎湖縣海域分佈之海龜種類、分佈地點及生殖特性。
- 二、進行海龜之種類及分佈、生殖生態、稚龜孵化率、性別比的調查。
- 三、進行白沙鄉轄內國民小學保育巡迴演講活動，使得學生能更加地認識自己的故鄉，做好生態環境保育及教育的紮根工作。
- 四、不定期舉辦綠蠵龜產卵棲地保護區保育宣導活動。透過生態教育的解說使民眾及遊客得以充分瞭解海龜之生態習性，進而宣導保育之觀念。
- 五、依據研究結果，提出具體建議，供政府做為經營綠蠵龜保護區之考。

參、實施方法與步驟

- 一、海龜資料收集、分析、野外調查分析執行工作項目：

(一)進行海龜之分佈、產卵棲地環境及生殖生態的調查。

1. 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，資料是購自中央氣象局。

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℃）。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）。

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

$$M_z = (\psi_{16} + \psi_{50} + \psi_{84}) / 3$$

2. 望安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。望安島上的產卵季節主要是集中在夏季，因此能以完全採樣(saturated sampling)的方式進行，也就是在產卵的月分中，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，每晚高潮前到高潮後 2 小時間至每個沙灘上進行巡視，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，之後循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(1)母龜的產卵行為，(2)龜卵的孵化生理及(3)稚龜的形質形態。

(1)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：

- A. 當季中有多少母龜會上岸產卵。
- B. 母龜的背甲直線長及背甲曲線長。
- C. 由母龜鰭狀肢(flipper)上的鈦合金和晶片標，可確定該母龜是否曾經在望安島上岸產卵過，及兩次回望安島產卵的間距(re-migration interval;年)。
- D. 每頭母龜在下次產卵時，是否會回到同一沙灘，或是回到望安島，由這兩參數可算出母龜的忠誠度(fidelity)。
- E. 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。
- F. 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。
- G. 每頭母龜於兩次上岸產卵的間期長(interesting interval;天)。
- H. 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。
- I. 每頭母龜在上岸後的產卵及爬痕頂點所在的植被狀況，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。

(2) 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：

- A. 卵窩深度。
- B. 每窩所含的龜卵數。
- C. 龜卵的大小及重量。
- D. 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。
- E. 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。
- F. 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。

(3) 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

A. 稚龜背甲直線長。

B. 稚龜背甲曲線長。

C. 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，即在望安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。

(二) 白沙鄉國民小學保育巡迴演講

本次活動由國立台灣海洋大學海洋生物研究所綠蠵龜研究團隊，派員至澎湖各國小進行宣導，內容為綠蠵龜保育之各項主題。其演講時間與師資如下表：

編號	學校名稱	連絡電話	演講時間	連絡人	講師
1	後寮國小	06-9931027	5 月 21 日	邱老師	曾鉦琮
2	中屯國小	06-9931561	5 月 29 日	教導主任	郭芙
3	吉貝國小	06-9911086	5 月 29 日	教導主任	郭芙
4	港子國小	06-9931524	9 月 6 日	教導主任	曾鉦琮
5	烏嶼國小	06-9916077	9 月 7 日	訓導組長	曾鉦琮
6	講美國小	06-9931268	9 月 10 日	教導主任	曾鉦琮
7	赤崁國小	06-9931048	10 月 9 日	張老師	吳莆馨

(三) 望安鄉轄內綠蠵龜生態導覽解說：

研究團隊在到達望安島，開始進行駐島研究後，進行綠蠵龜生態導覽解說的宣傳，同時為報名活動的居民及遊客安排解說時間，解說時間排在 7 月及 8 月每日晚上。解說內容如下：

主題	內容	花費時間
澎湖海洋及環境	望安島地質、水文、氣候、人文	5 分鐘

澎湖生物多樣性	澎湖地區各保護區、水生動植物	5 分鐘
海龜的分類	介紹不同海龜區分及特點	10 分鐘
海龜的一生	海龜生殖生態	15 分鐘
保育概念	海龜面臨的危機	10 分鐘
保育中心設立始末	望安綠蠵龜觀光保育中心	5 分鐘
展望與未來	現存危機、未來契機	5 分鐘
時間合計		55 分鐘

肆、成果：

一、望安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，而歷年產卵母龜數則列於圖一中。產卵季是從 6 月 30 至 9 月 19 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 4 頭母龜上岸產卵，其中 3 頭曾經來過望安產卵，其中一頭更於 1994 年第一次進行人造衛星追蹤時，就到過望安島產卵，這是牠第五度造訪望安島，平均每 4 年回望安島產卵一次。其餘的兩頭，則為第二次及第三次回望安島產卵。

上岸母龜的平均體長為 95.2 公分背甲直線長及 100.9 公分背甲曲線長，母龜平均每隔約 15 天就上岸產卵一次，在本季中，所有的

母龜共上岸 53 次，平均每頭母龜上岸 13 次。牠們共掘了 109 個洞，平均每頭母龜掘了 27 個洞，平均掘洞成功率為 40%。所有的母龜共產下 21 窩卵，平均每頭母龜產下 5 窩卵。平均產卵成功率為 40%。在本季中，母龜平均有 8% 的機會不會在望安島產卵，而在島上的產卵期間，有 47% 會在第一次產卵的沙灘上岸找尋其產卵地。雖然除了 I(萬善公-2)及 F(西安村)沙灘外，母龜會在其牠的沙灘上岸，但主要產卵的沙灘為 A(天台山)及 C(土地公)等兩處，其中 70% 的母龜會在這些沙灘上岸，而 46% 的母龜會在這些沙灘上產卵。所有的爬痕頂點及卵窩都會位於沙草交界與草地上，這顯示出草地對母龜選擇其產卵地是很重要的。

在卵窩方面，今年共產下 21 窩卵，有紀錄的 15 窩卵中，共有 1307 粒龜卵，平均每窩含 87 粒龜卵，而平均卵窩深度為 67 公分。平均龜卵大小為：直徑 4.5 公分，重量 48.1 克。平均龜卵孵化期為 51.5 天，在孵化期間，平均未受精率為 1%，孵化中死亡率為 21%，因此孵化率為 79%，孵化後死亡率為 4%，而稚龜爬出率為 77%，clutch survival rate 為 64%，而 reproductive output 為 47320.69kJ 統計分析顯示，孵化率與爬出率間無顯著差異($P = 0.818$, $n = 7$)。至 9 月 2 日止共有 7 窩孵化，孵出 439 隻稚龜，孵化出的稚龜平均大小為；4.94 公分

背甲直線長及 5.33 公分背甲曲線長，重 24.87 克。

表一、2012 年望安島海龜生殖生物學資料

產卵季 6 月 30 日至 9 月 19 日

產卵高峰期 7 月 1 日至 8 月 31 日

母龜

	平均值	標準差	樣本數	總數
背甲直線長(cm)	95.2	8.2	4	
背甲曲線長(cm)	100.9	6.1	4	
產卵間隔(天)	15	1.5	4	
每頭母龜本季上岸次數	13	3	4	53
每頭母龜本季掘洞次數	27	16	4	109
母龜掘洞成功率(%)	24	11	4	
每頭母龜本季產卵次數	5	1	4	21
母龜產卵成功率(%)	40	6	4	
對第一次產卵沙灘的 忠誠度(%)	47	25	4	
母龜到其他沙灘產卵 的機率(%)	53	20	4	
母龜不回望安島產卵 的機率(%)	8	17	4	

卵窩及龜卵

平均每窩含卵數	87	17	15	1307
卵窩深度(cm)	67	12	11	
平均卵徑(cm)	4.5	0.2	360	
平均卵重(g)	48	0.4	360	
龜卵未受精率 (%)	1	1	7	
龜卵孵化率(%)	79	19	7	
龜卵孵化後死亡率 (%)	4	5	7	
稚龜爬出率(%)	77	21	7	
Clutch survival (%)	64	29	7	

Reproductive output 47320.69 kJ

孵化及稚龜

孵化期(天)	53.9	2.8	7
背甲直線長(cm)	4.94	0.18	291
背甲曲線長(cm)	5.33	0.23	291
稚龜重(g)	24.87	2.15	291

顆粒特性

平均粒徑 (mm)	1.74	1.16	51
篩選度	1.08	0.48	51
Moderately well sorted very coarse sand			

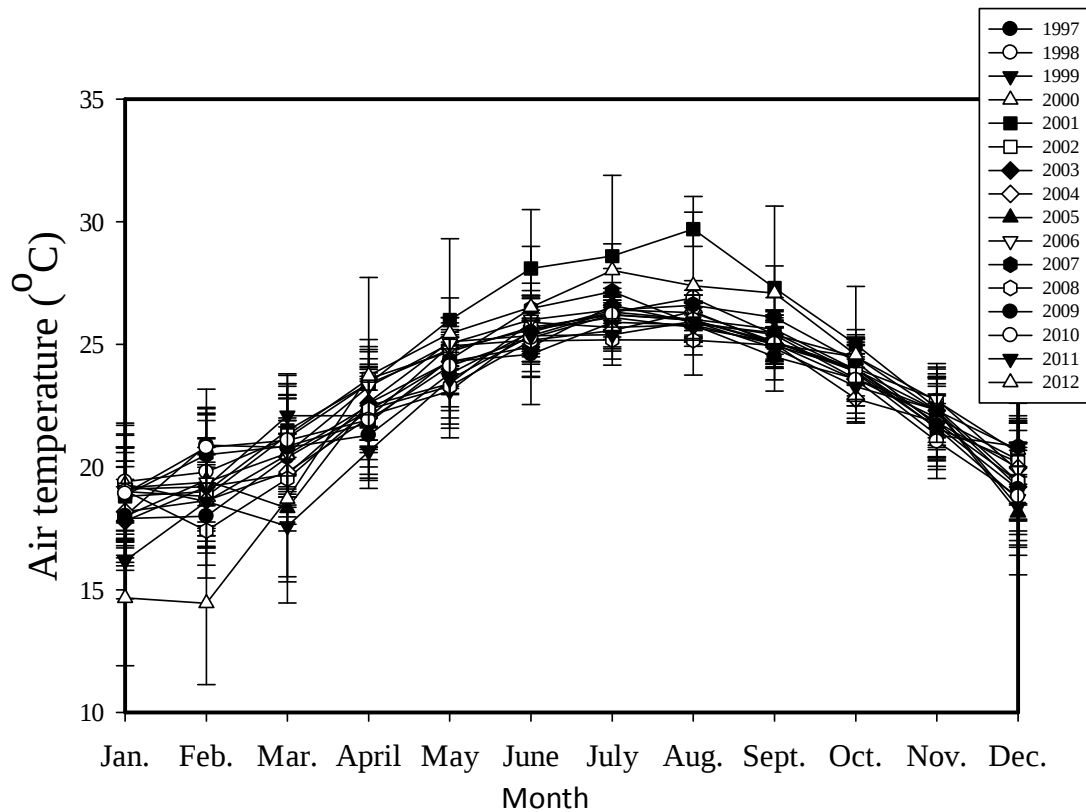
爬痕與卵窩分布

	開闊沙灘	沙草交界	草地
爬痕頂點(%)	0	80	20
卵窩所在(%)	0	86	14

(一)1992 到 2012 年間產卵環境的變化

1.氣溫變化

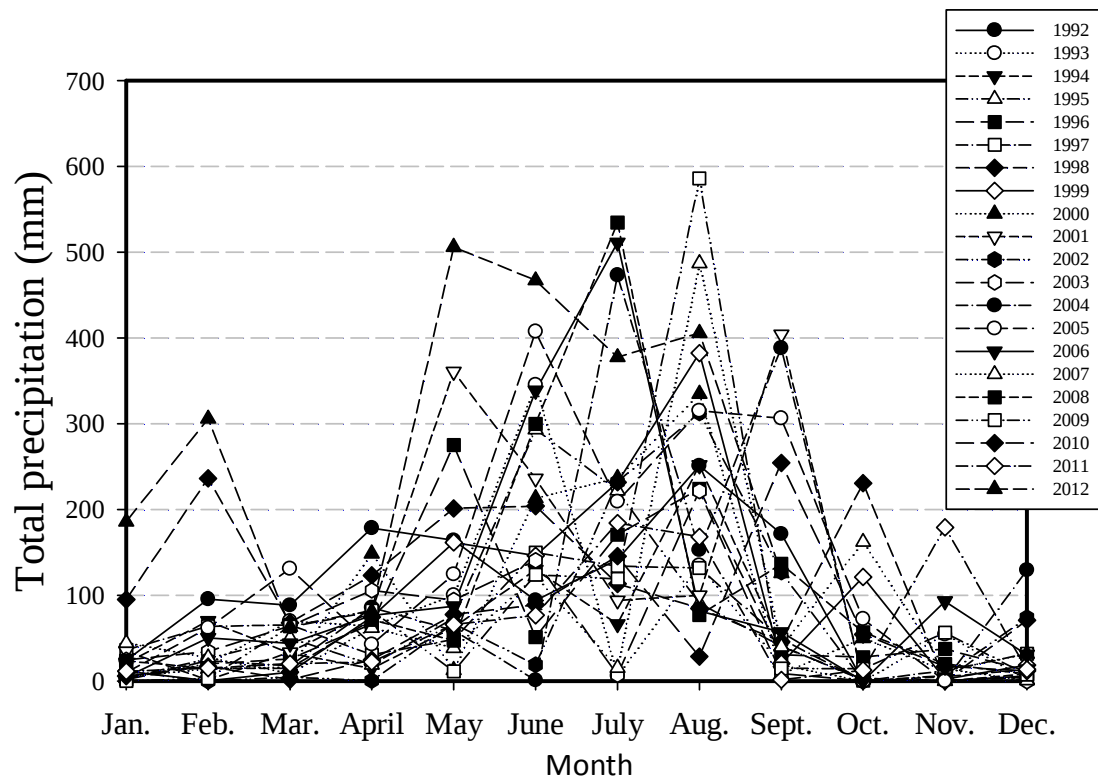
望安島的年均溫從 23.01°C(2011 年)到 24.6°C(2002 年)之間，每月變化顯示(圖一)，七月的氣溫最高，而一月為最低溫。



圖一、望安島從 1992 年到 2012 年間的月平均氣溫變化圖。

2.降雨量變化

望安島的年總降雨量從 2320mm(2009 年)到 4341mm(1998 年)之間，每月變化顯示(圖二)，七、八月的降雨量為最多，可能與颱風季的出現有關，而以三、四月的降雨量最少。

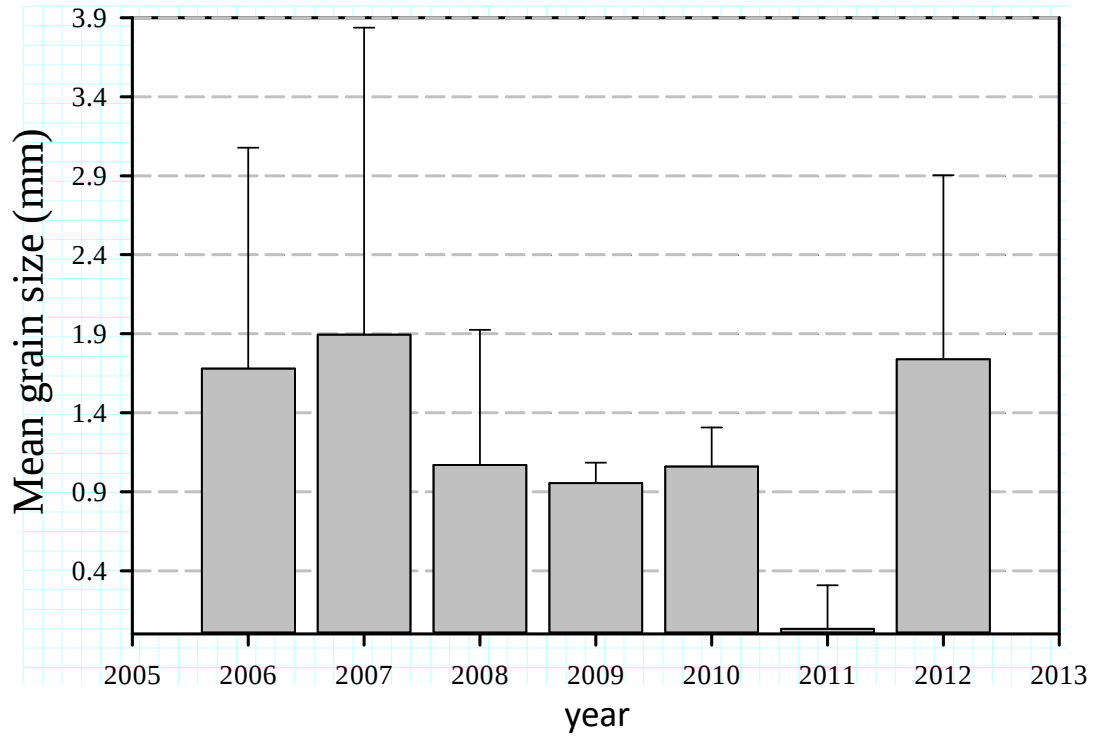


圖二、望安島從 1992 年到 2012 年間的月總降雨量變化圖。

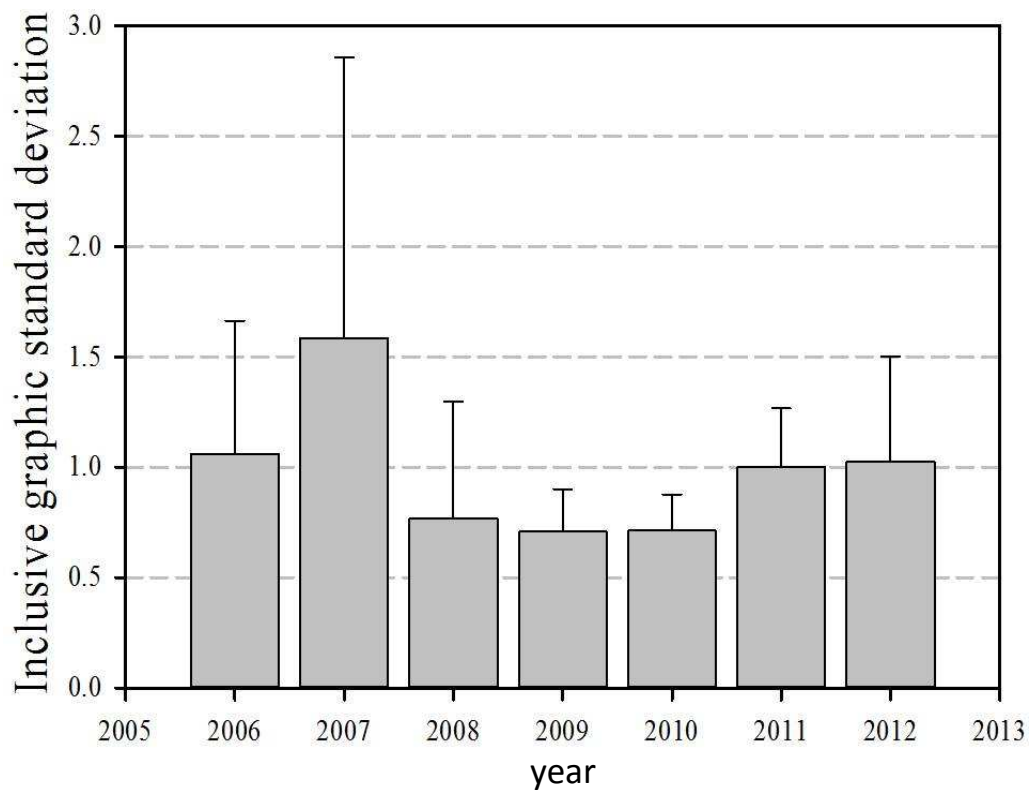
3.沙灘顆粒的特性

(1)平均粒徑(mm)

望安島沙灘的平均粒徑介於 0.03(2011 年)到 1.89(2007 年)釐米之間(圖三)。而顆粒篩選度則介於 0.708(2009 年)到 1.59(2007 年)之間(圖四)。



圖三、2006 到 2012 年望安島產卵沙灘的平均粒徑。

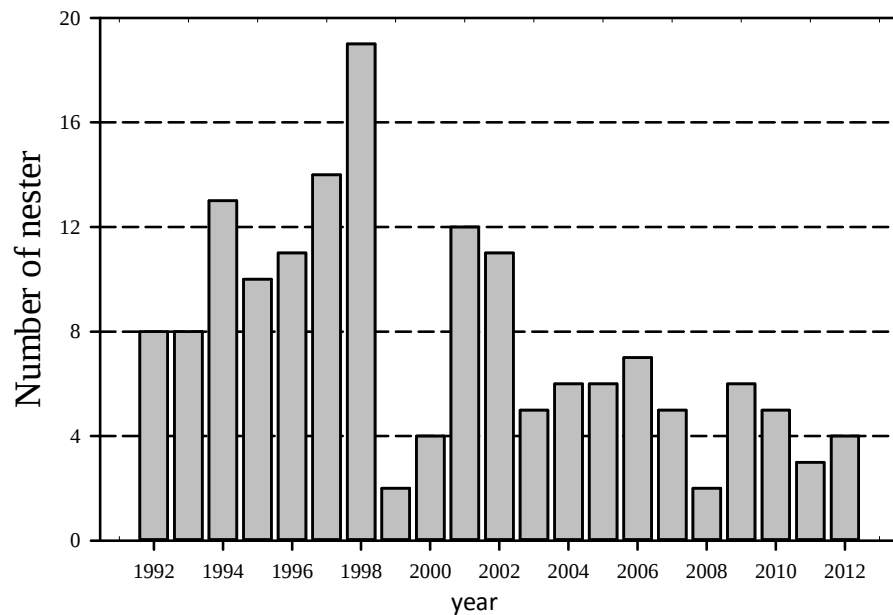


圖四、2006 到 2012 年望安島產卵沙灘的粒徑篩選度。

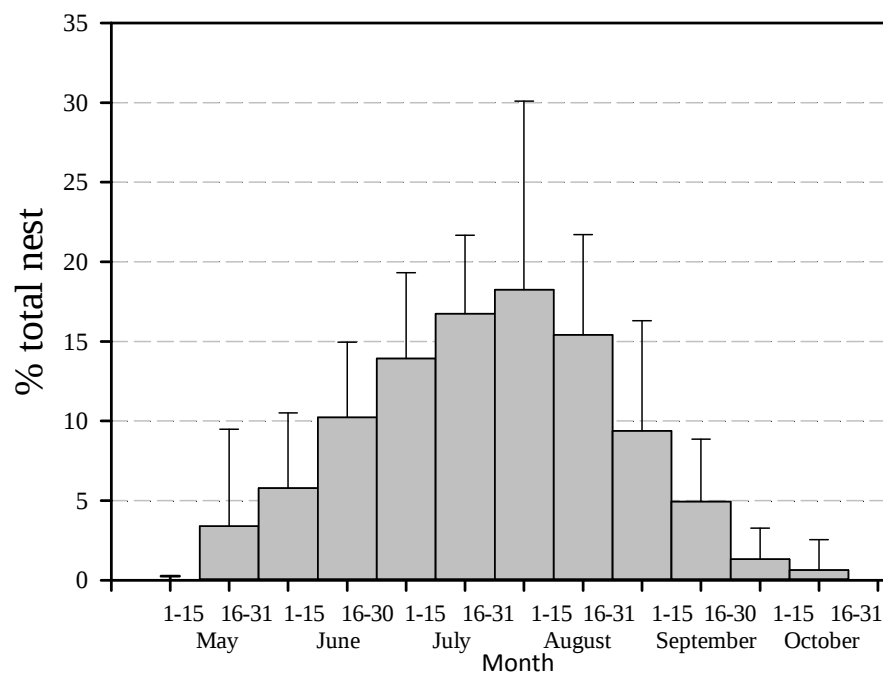
(二)1992 到 2012 年間生殖生態學的變化

1.母龜產卵行為

在調查期間，上岸的母龜數量介於 2 頭(1999 年)到 19 頭(1998 年)之間(圖五)。在調查期間發現，母龜產卵季集中於七、八兩月(圖六)。

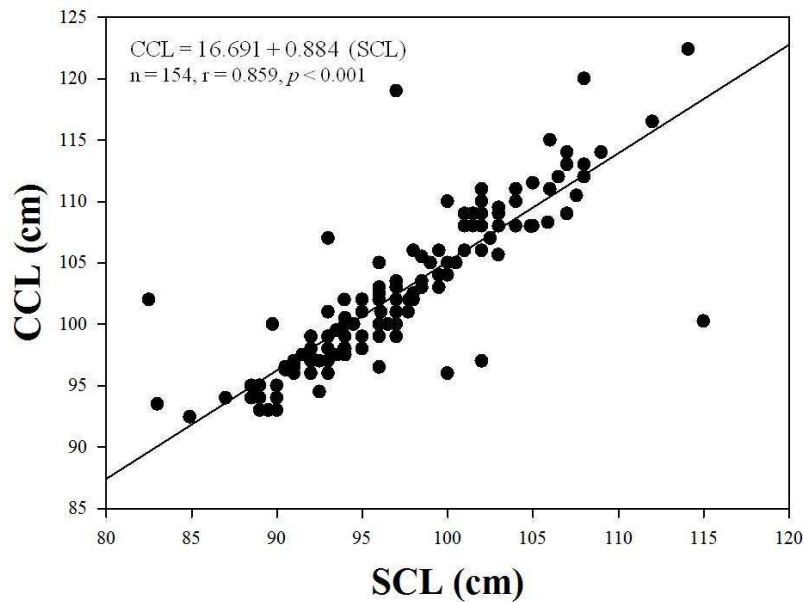


圖五、1992 到 2012 在望安島產卵母龜數量。

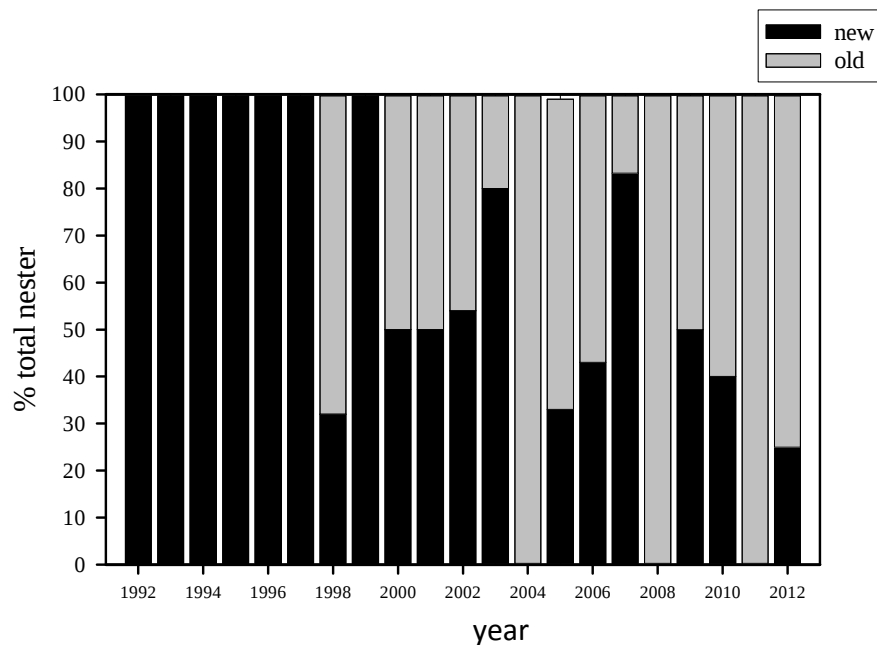


圖六、1992 到 2012 年間之母龜產卵季圖。

上岸母龜的體長為 97.2 ± 6.1 公分背甲直線長，及 102.7 ± 6.2 公分背甲曲線長($n = 154$)，兩因子間呈一線性關係(圖七)。每年上岸的母龜中，有 0 到 100% 曾經在望安島上產卵過(圖八)。



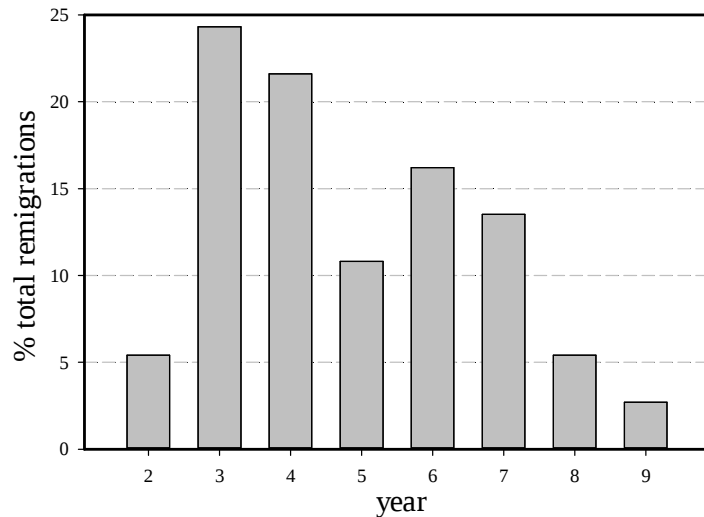
圖七、1992 到 2012 年間母龜背甲直線長與背甲曲線長間的關係。



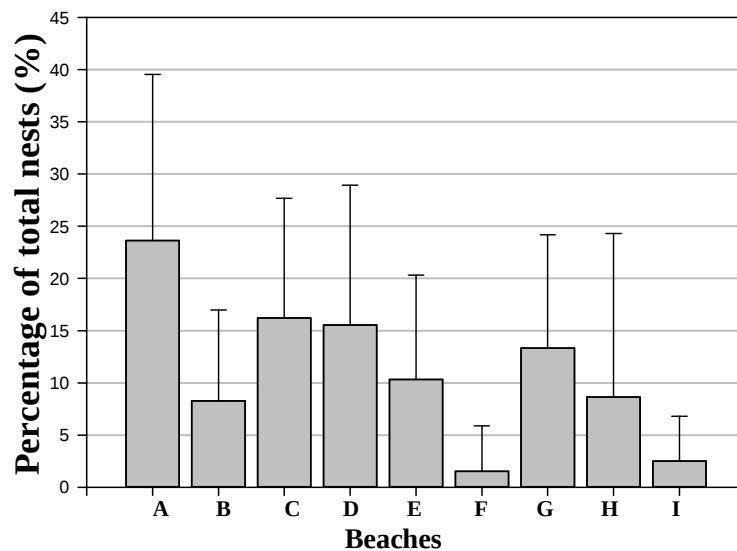
圖八、1992 到 2012 年間新龜(未曾上岸過)及舊龜(曾經上岸過)之變化

圖。

根據母龜上標的資料顯示，產卵母龜每隔 2 到 9 年會回到望安島產卵，平均為 4.9 ± 1.7 年 ($n = 27$; 圖九)。在產卵季中，母龜主要選擇在 A(天台山), C(土地公), D(長瀨), E(水雷仔) 及 G(網垵口) 等沙灘上產卵 (圖十)。



圖九、1992 到 2012 年間產卵母龜再度回到望安島產卵的時間分布圖。



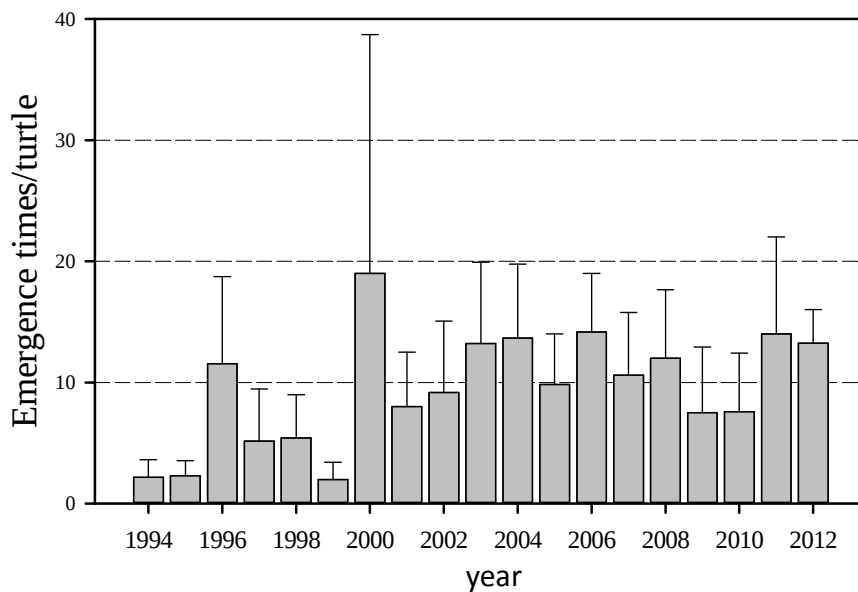
圖十、1992 到 2012 年望安島上卵窩分布圖，A:天台山，B:水庫，C:土地公，D:長瀨，E:水雷仔，F:西安村，G:網垵口，H:萬善宮-1，I:萬善宮-2。

而有 68%的母龜會再度回到第一次產卵的沙灘找尋其產卵地(表二)。

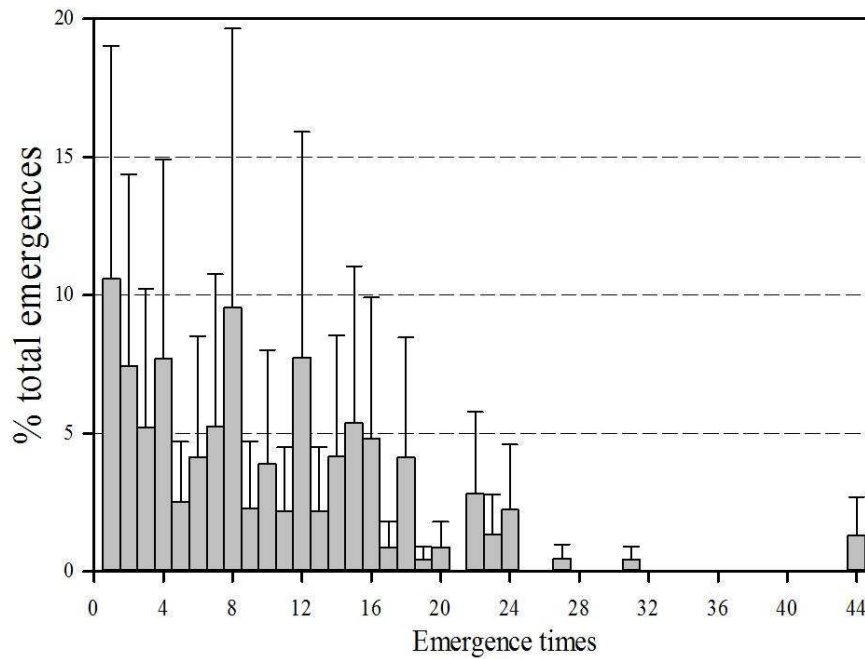
表二、望安島上母龜於產卵季中，回到第一次產卵沙灘、鄰近沙灘及其他沙灘去找尋其產卵地的機率 (1994-2012)

	平均值	標準偏差範圍	樣本數
同一沙灘	47	25	4
鄰近沙灘	17	17	4
其他沙灘	36	20	4

在產卵季中，每頭母龜每年平均上岸 2 到 19 次(圖十一)。分析顯示 52%的母龜會上岸 1 到 8 次(圖十二)。



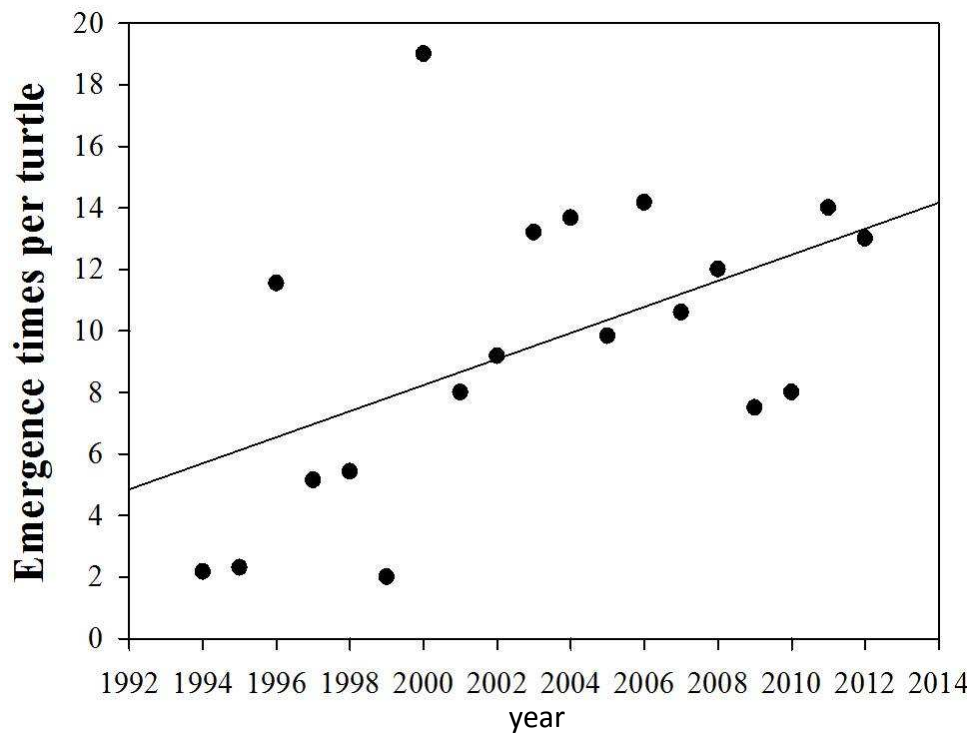
圖十一、1994 到 2012 年間，在望安島上，每頭母龜每年平均上岸次數圖。



圖十二、1994 到 2012 年間望安島上每頭母龜上岸次數之分布圖。

在研究期間發現，母龜上岸的次數有逐年增加的趨勢((上岸次數)

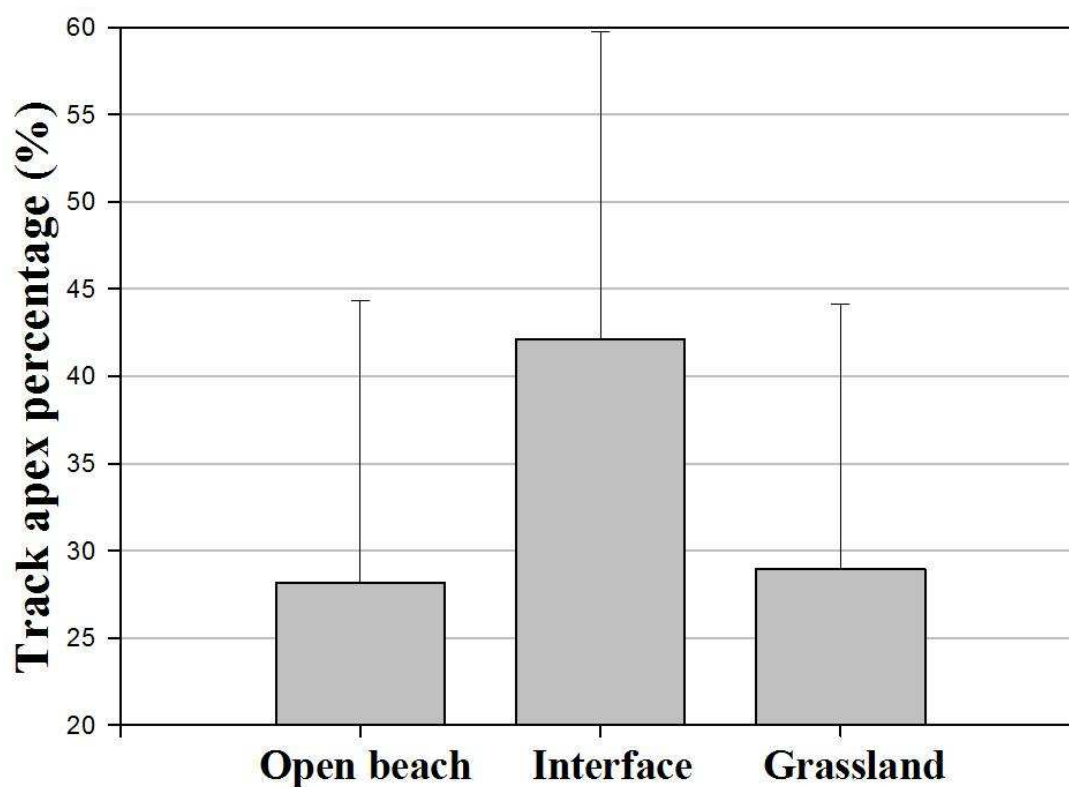
= $-838.674 + 0.423(\text{年})$ ， $n = 19$, $r = 0.51$, $p = 0.026$)(圖十三)。



圖十三、1994 到 2012 年間每頭母龜在望安上岸次數的變化趨勢。

我們同時發現，在產卵季中有 $15 \pm 8\%$ ($n = 14$) 的母龜不會在望安島產卵，有可能在附近的島嶼如東嶼坪島產卵。

在沙灘上，有 72% 的爬痕頂點位於沙草交界及草地處(圖十四)，

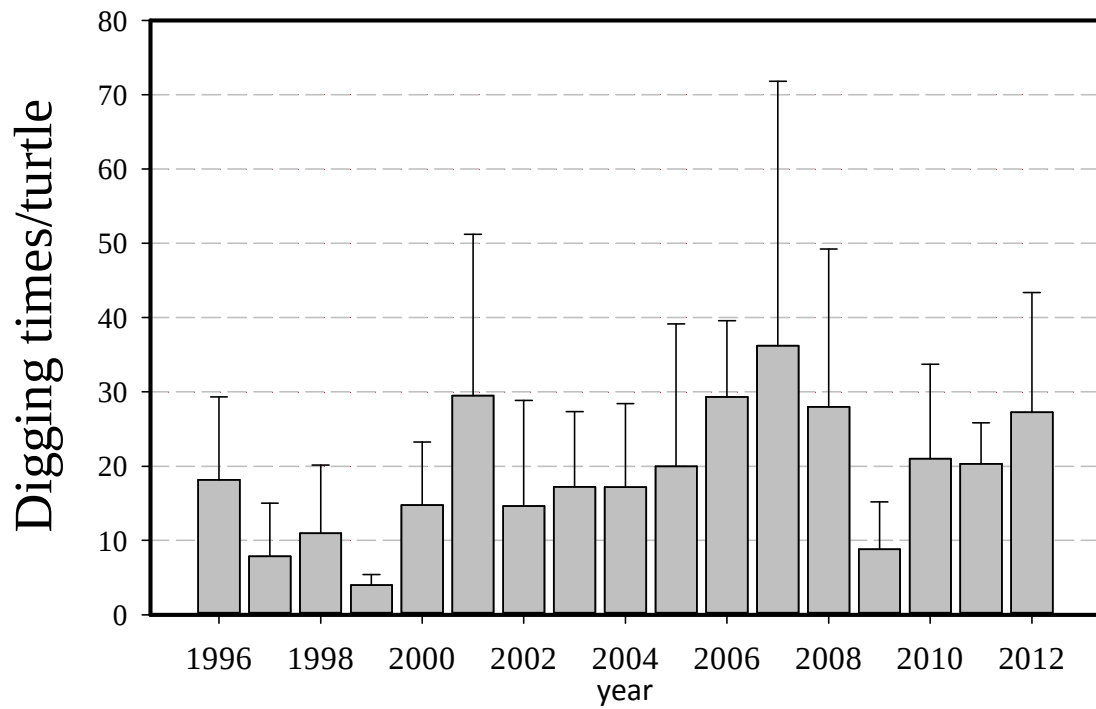


圖十四、1998 到 2012 年間望安島上母龜爬痕頂點分布圖，其中 open

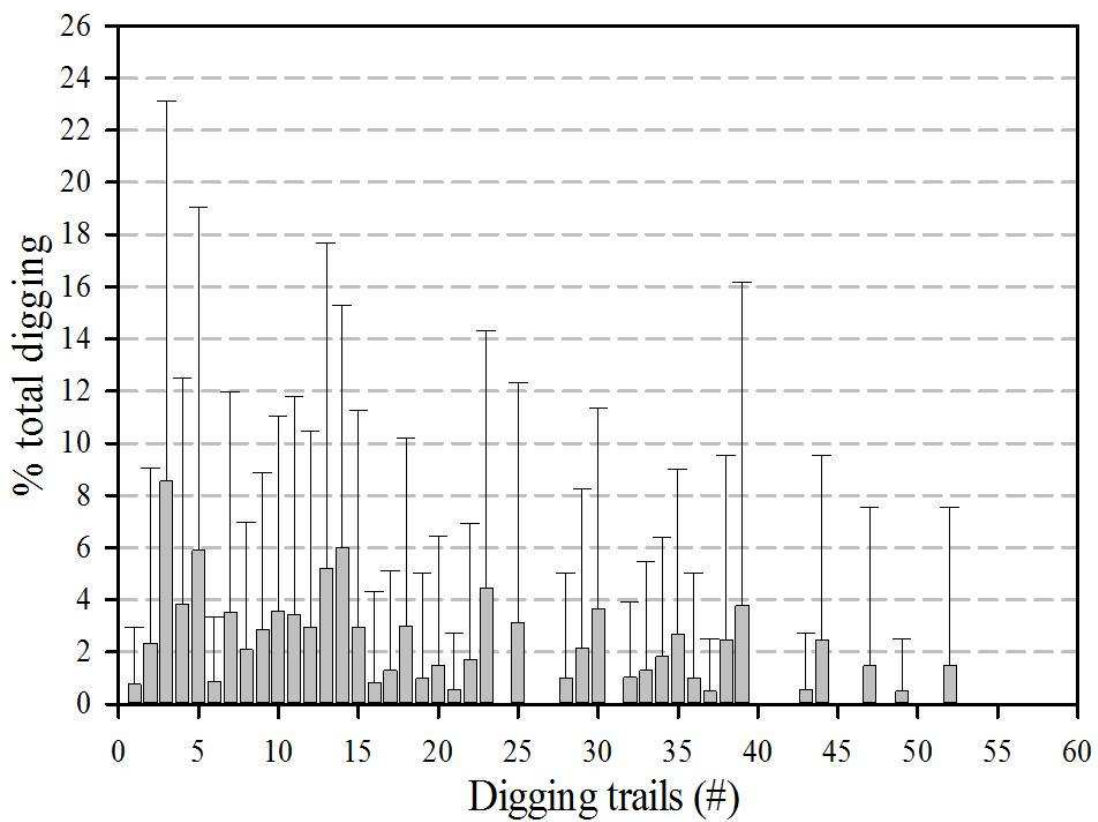
bech: 開闊沙灘，interface: 沙草交界，grassland: 草地。

於產卵季中，平均每頭母龜在上岸後會掘 4 到 36 個洞(圖十五)。

分析顯示，68% 的母龜在上岸後會掘 1 到 14 個洞(圖十六)。

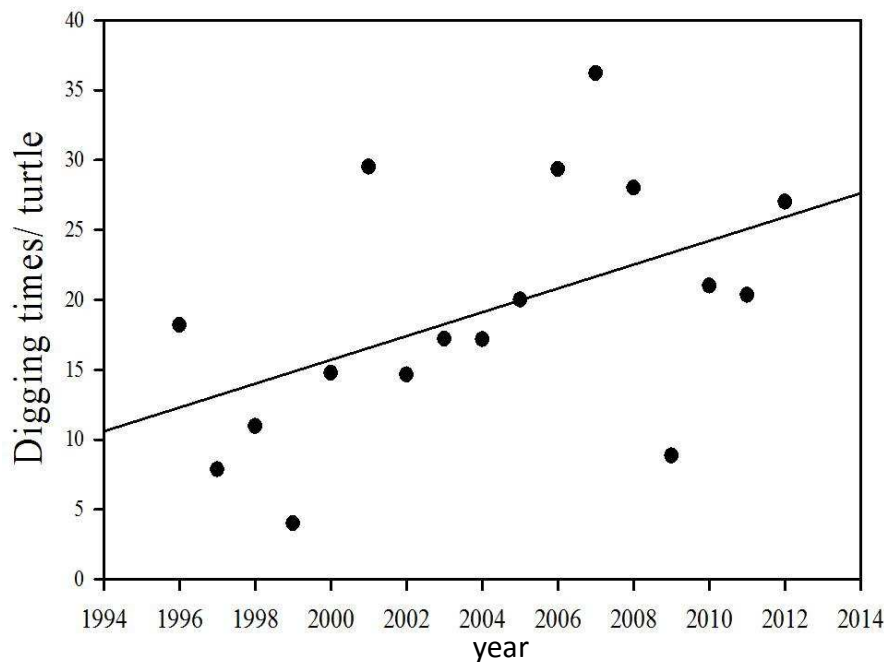


圖十五、1997 到 2012 年間平均每頭母龜在上岸後會掘洞的次數圖。

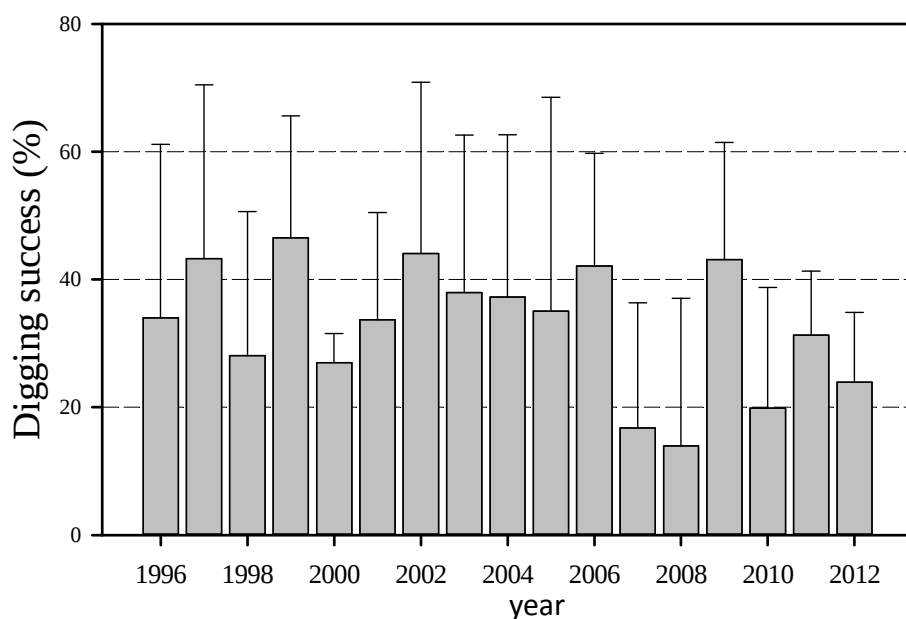


圖十六、1996 到 2012 年間母龜上岸後的掘洞次數分布圖。

當母龜上岸次數有逐年增加的趨勢時，母龜在岸上的掘洞次數也有逐年增加的趨勢((掘洞次數) = $-1688.686 + 0.852(\text{年})$ ， $n = 17$ ， $r = 0.492$ ， $p = 0.045$)(圖十七)。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 17%到 44%之間(圖十八)。

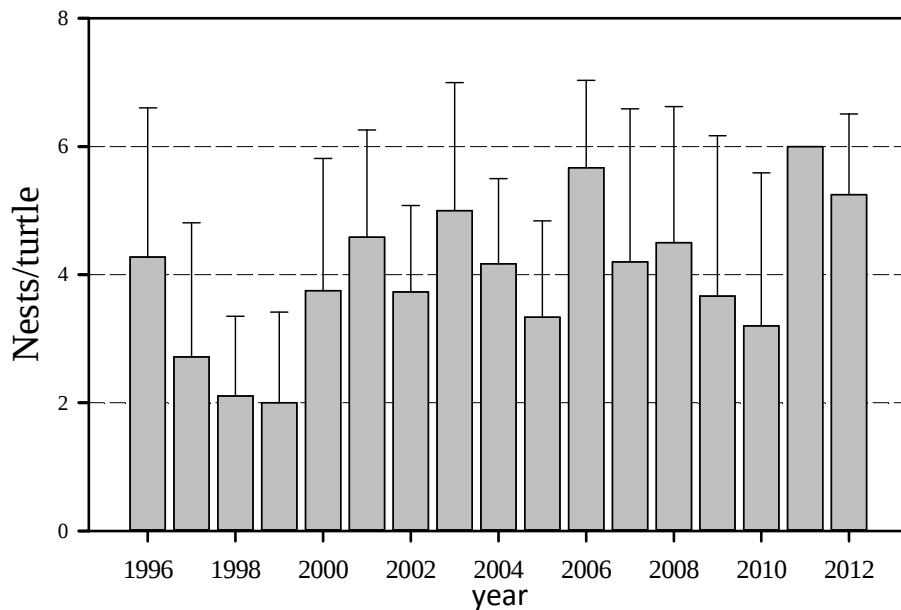


圖十七、1996 到 2012 年間每頭母龜在望安平平均掘洞次數的變化趨勢。

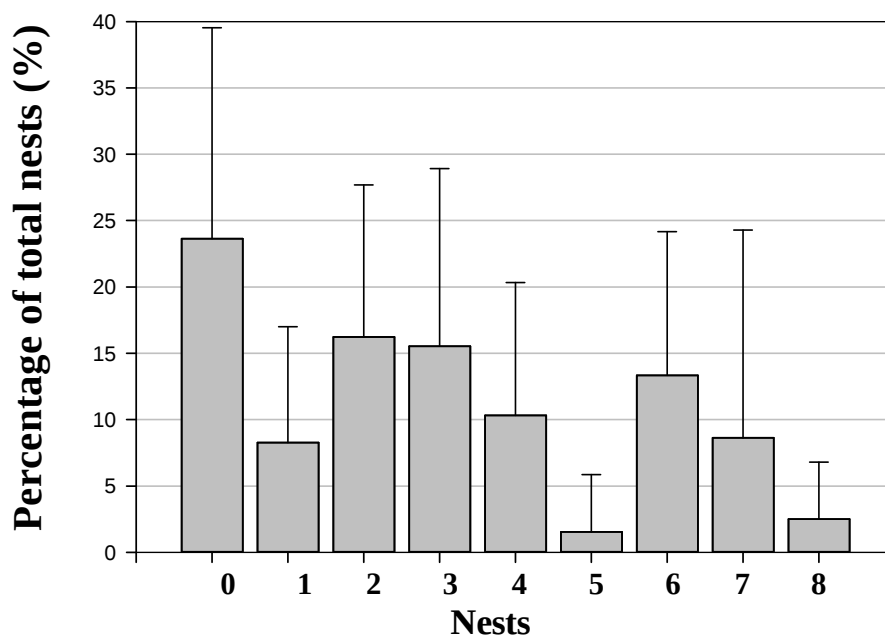


圖十八、1996 到 2012 年間母龜在沙灘上的平均掘洞成功率。

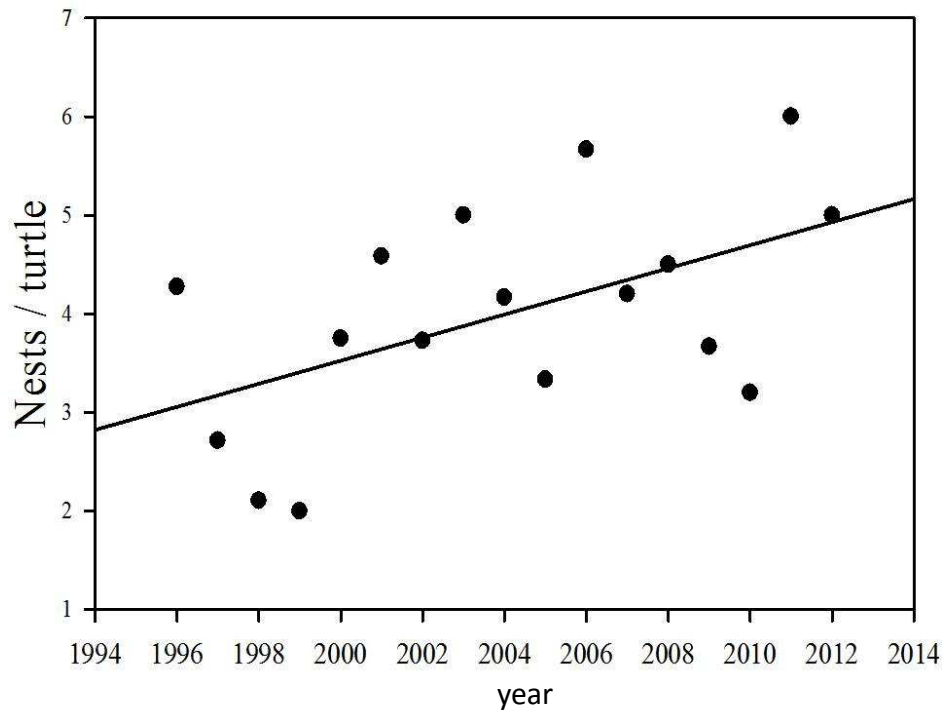
於產卵季中，平均每頭母龜產下 2 到 6 窩卵(圖十九)。分析顯示，74%的母龜會產下 1 到 5 窩卵(圖二十)。當母龜上岸及掘洞次數會逐年增加時，其產卵次數也呈現逐年增加的趨勢($(\text{產卵次數}) = -230.701 + 0.117(\text{年})$ ， $n = 17$ ， $r = 0.52$ ， $p = 0.029$)(圖二十一)。



圖十九、1996 到 2012 年間母龜在沙灘上的平均產卵次數。

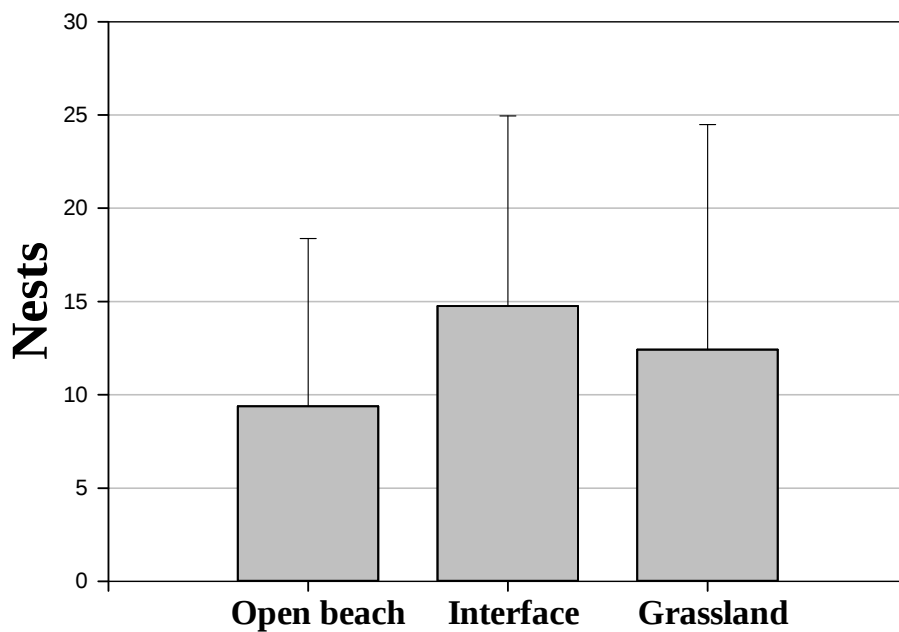


圖二十、1996 到 2012 年間母龜在沙灘上的產卵次數分布圖。



圖二十一、1996 到 2012 年間每頭母龜在望安產卵次數的變化趨勢。

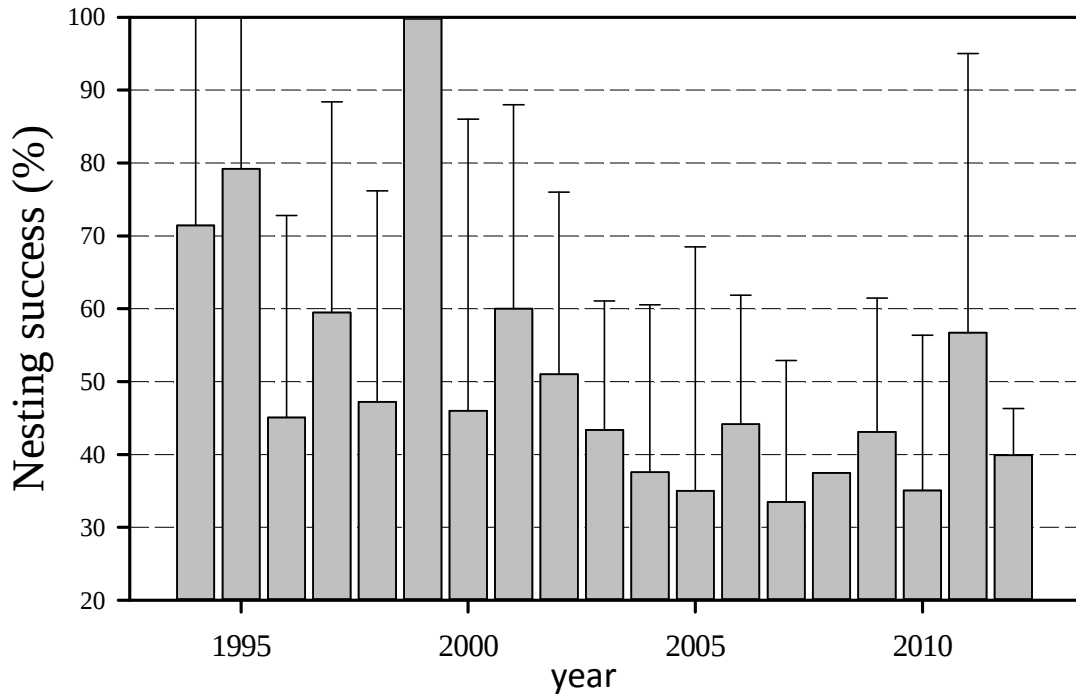
在所有的卵窩中，75%的卵窩會位於草地及沙草交界處(圖二十二)。



圖二十二、1997 到 2012 年間望安島上卵窩位置分布圖。

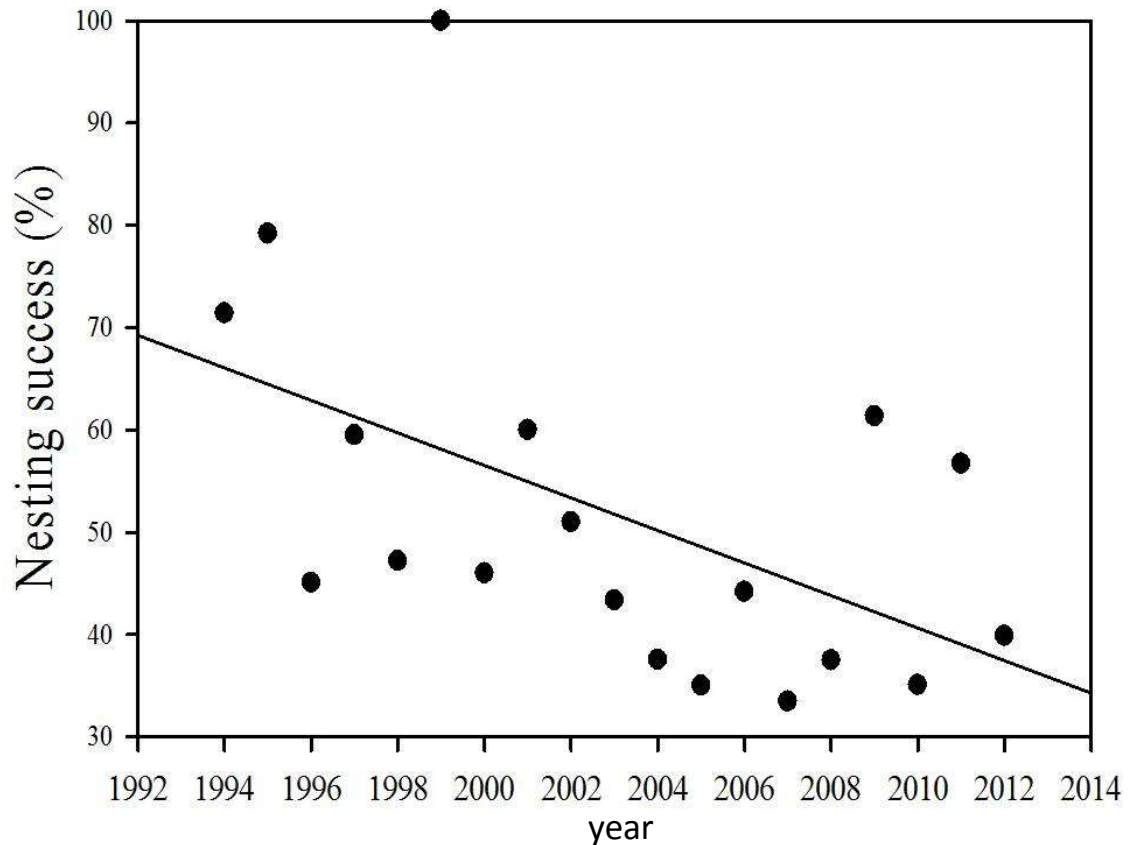
而每季平均產卵成功率(定義為每上岸一次就會成功產卵的機率)

介於 31%到 100%之間(圖二十三)。



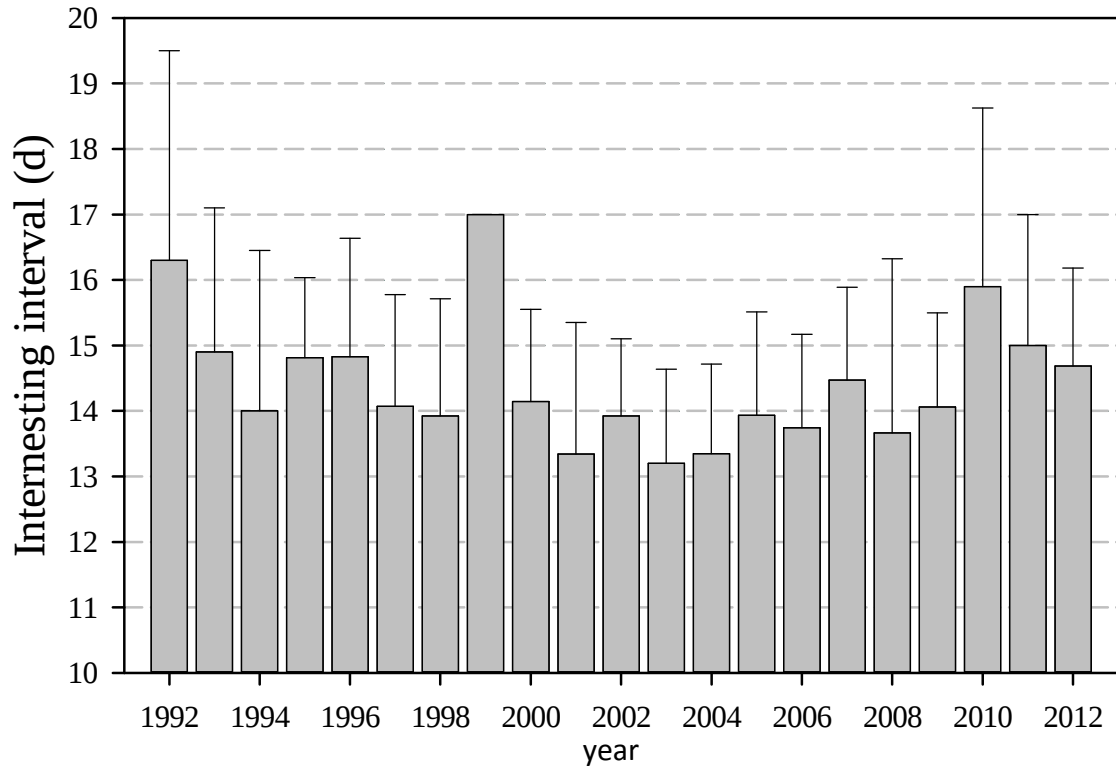
圖二十三、1994 到 2012 年間望安島上母龜平均產卵成功率。

雖然母龜上岸的次數、掘洞及產卵的次數均有逐年增加的趨勢，但產卵成功率卻有逐年降低的趨勢($\text{Arcsin}(\text{產卵成功率}) = 37.607 - 0.0184(\text{年})$ ， $n = 19$, $r = 0.46$, $p = 0.047$)(圖二十四)，這代表在望安產卵的母龜，須花更多的力氣去找尋適合的產卵地。

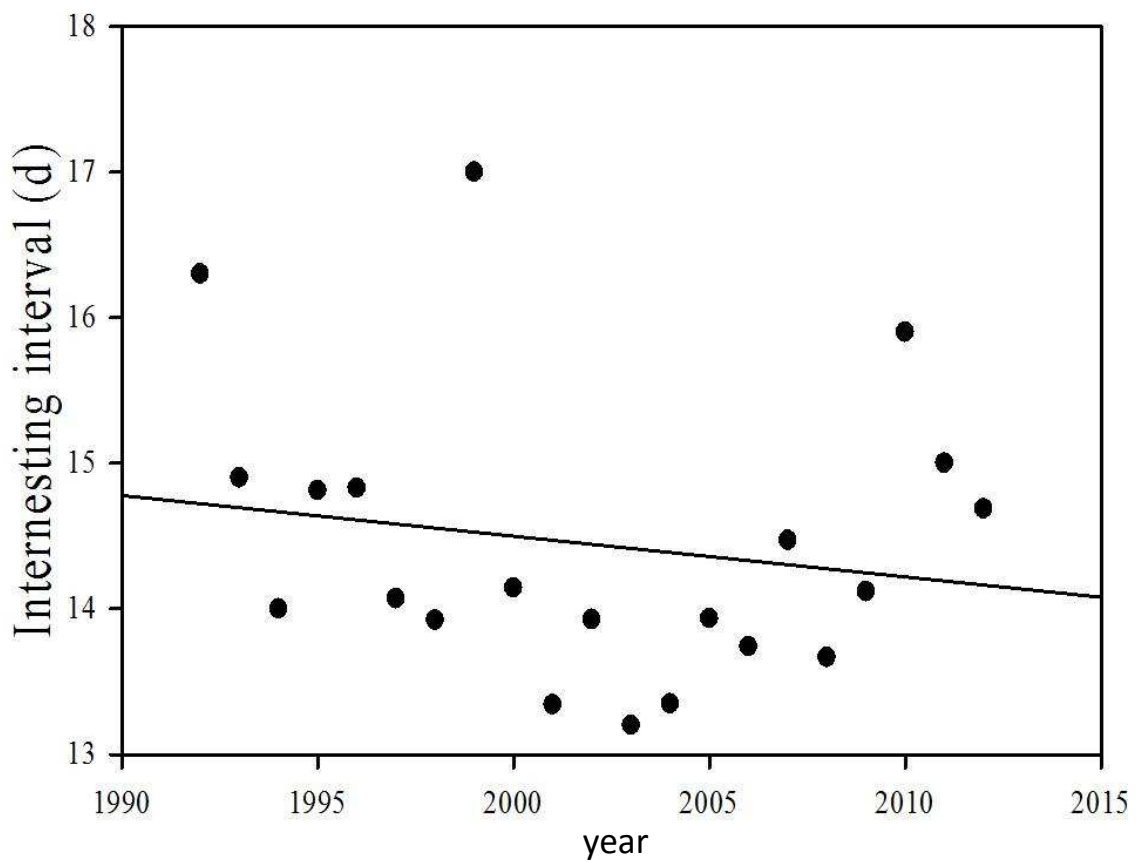


圖二十四、1994 到 2012 年間母龜在望安產卵成功率的變化趨勢。

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 13 到 16 天(圖二十五)，我們同時發現，母龜的產卵間期有逐年縮短的趨勢($(\text{產卵間期}) = 196.028 - 0.0908(\text{年})$ ， $n = 18$, $r = 0.491$, $p = 0.039$)(圖二十六)，這代表望安島上的母龜，其產卵行為已產生明顯的變化。

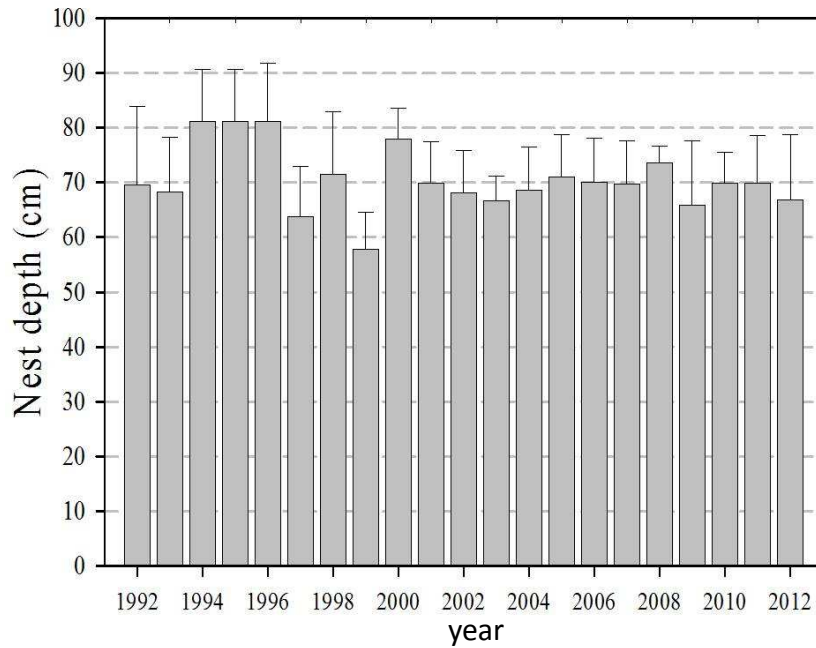


圖二十五、1992 到 2012 年間望安島上母龜的平均產卵間期長(天)。

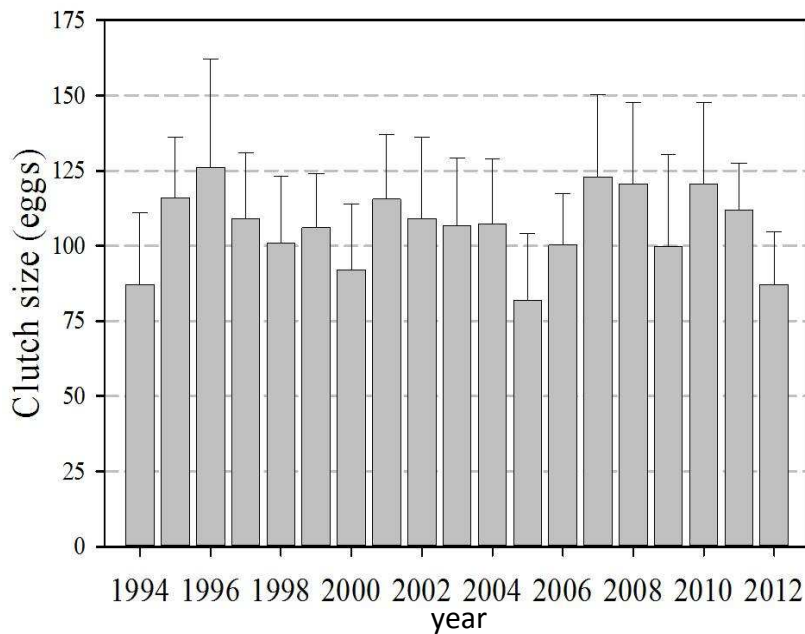


圖二十六、1992 到 2012 年間母龜產卵間期的年度變化趨勢。

望安島上每年的平均卵窩深度介於 57.5 到 81.2 公分間(圖二十七), 每年每窩所含的平均龜卵數(clutch size)介於 87 到 126 粒之間(圖二十八), 調查期間母龜每季產下 530(2000 年)到 5344(1998 年)粒龜卵, 共計 47896 粒龜卵。



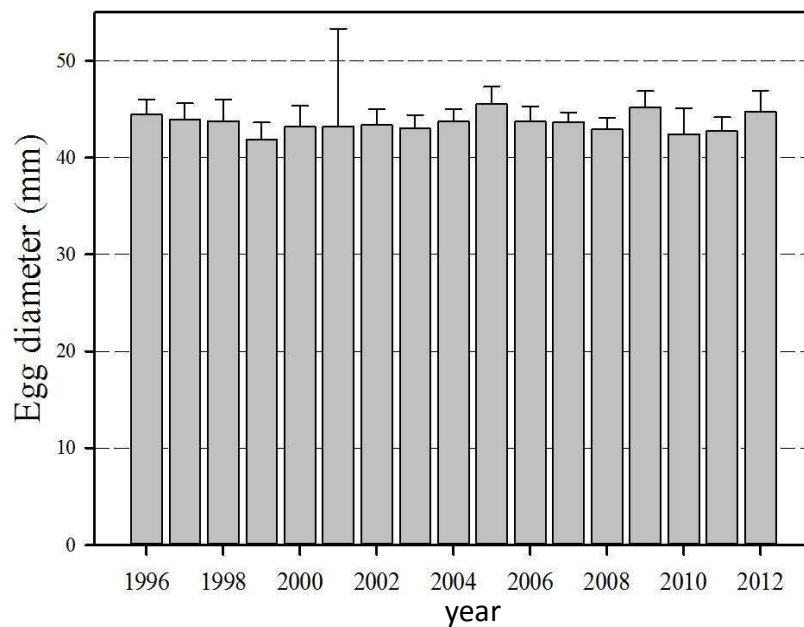
圖二十七、1992 到 2012 年間望安島上之卵窩平均深度圖。



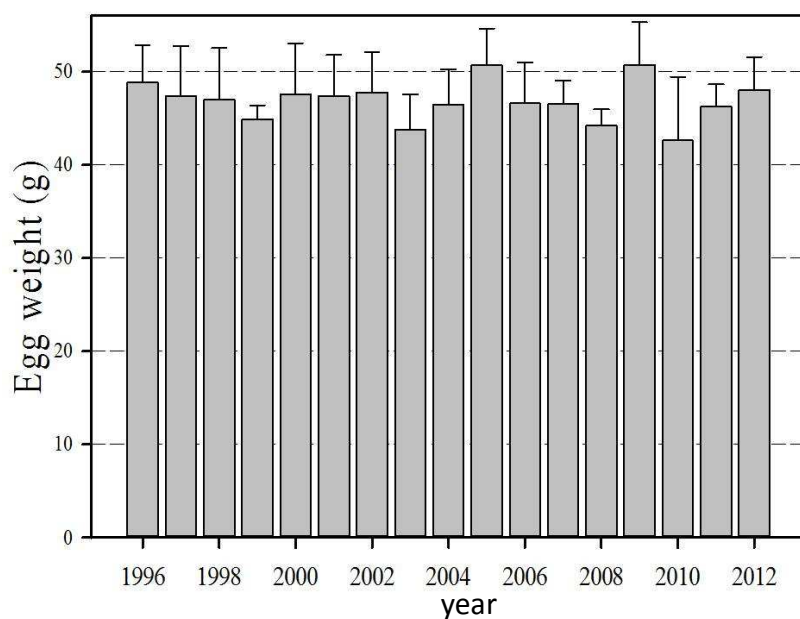
圖二十八、1997 到 2012 年間望安島上每窩所含的平均龜卵數。

2. 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 41.9(1999 年)到 45.6(2005 年)mm(圖二十九)。分析也發現，每季每粒龜卵的平均重量介於 42.6(2010 年)到 48.8(1996 年)公克(圖三十)。

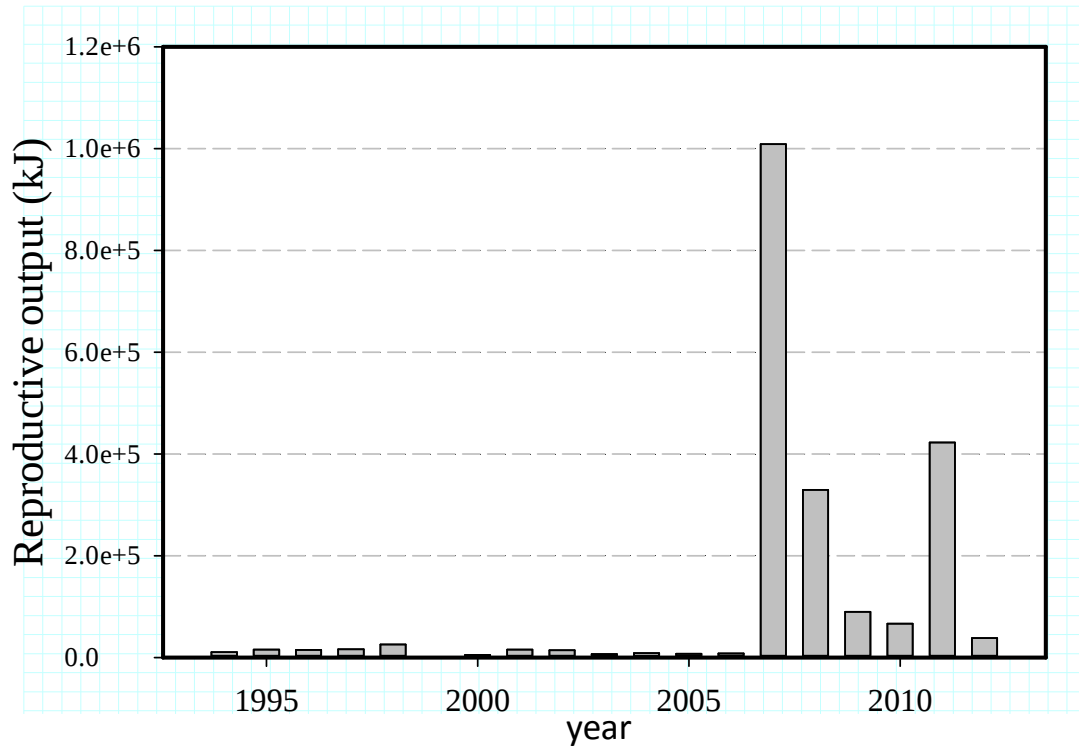


圖二十九、1996 到 2012 年間望安島上龜卵平均粒徑大小。



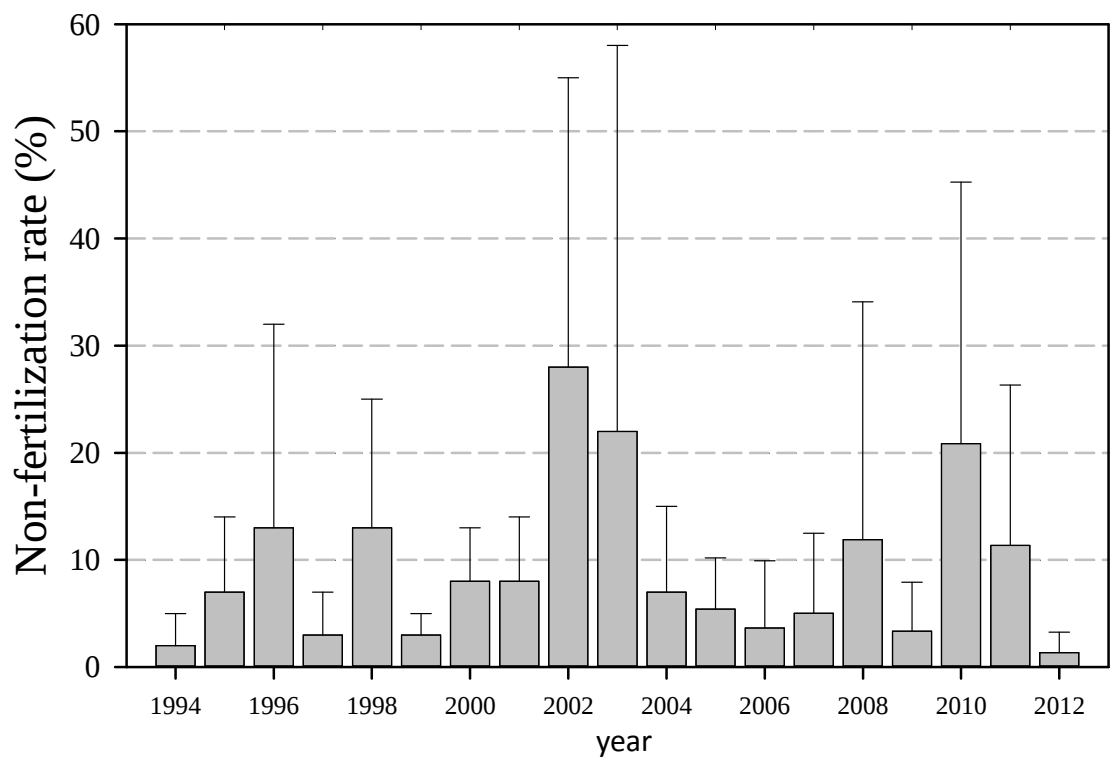
圖三十、1996 到 2012 年間望安島上龜卵平均重量。

由以上的資料可算出，每季母龜的 reproductive output 介於 7350(2005 年)到 1008593KJ(2007 年)之間(圖三十一)。

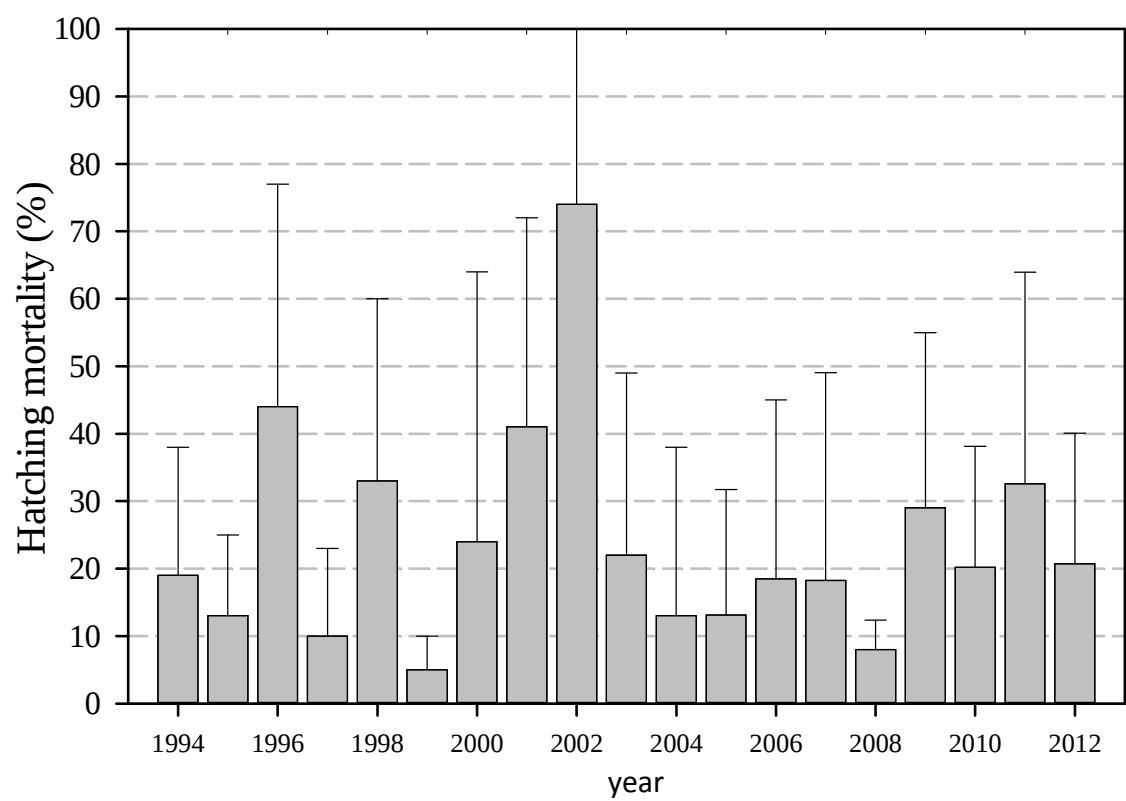


圖三十一、1994 到 2012 年間 reproductive output (kJ)。

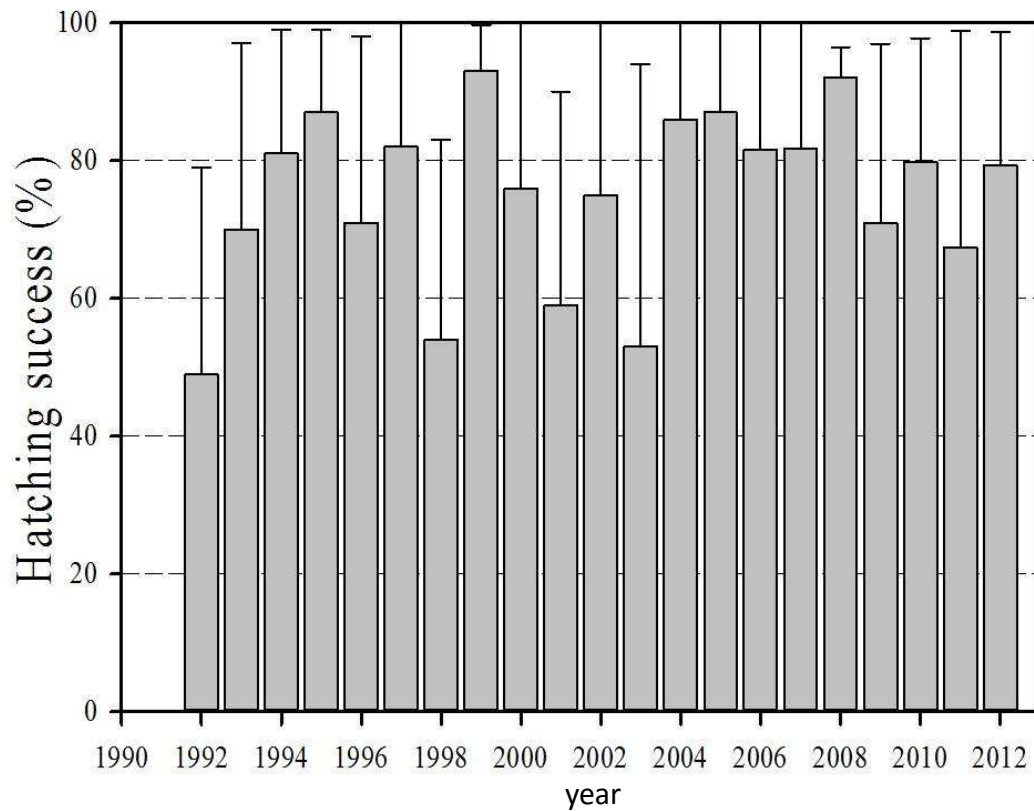
在孵化過程中，每年龜卵的平均未受精率介於 2%到 28%之間(圖三十二)。而每年龜卵的平均孵化中死亡率介於 5%到 74%之間(圖三十三)。每年龜卵的平均孵化率介於 49%到 92%之間(圖三十四)。而龜卵的平均孵化期則介於 48.3 到 56.3 天之間(圖三十五)。



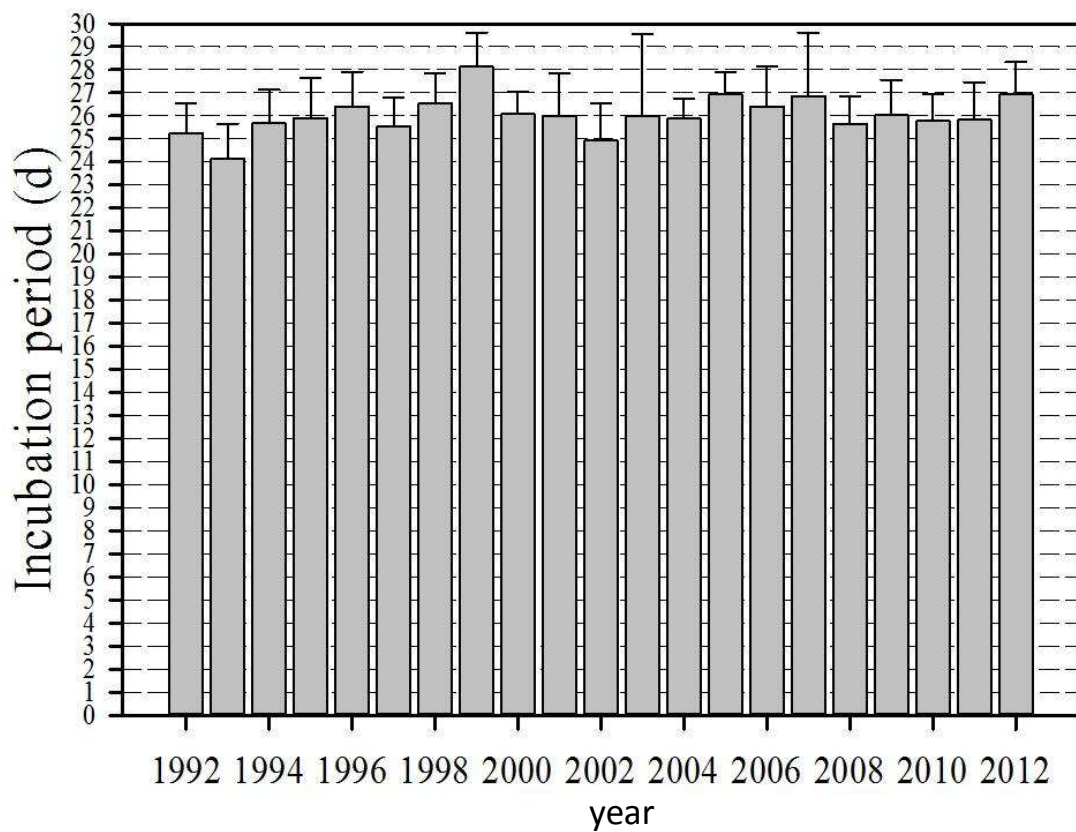
圖三十二、1994 到 2012 年間望安島上龜卵未受精率。



圖三十三、1994 到 2012 年間望安島上龜卵於孵化中的死亡率。



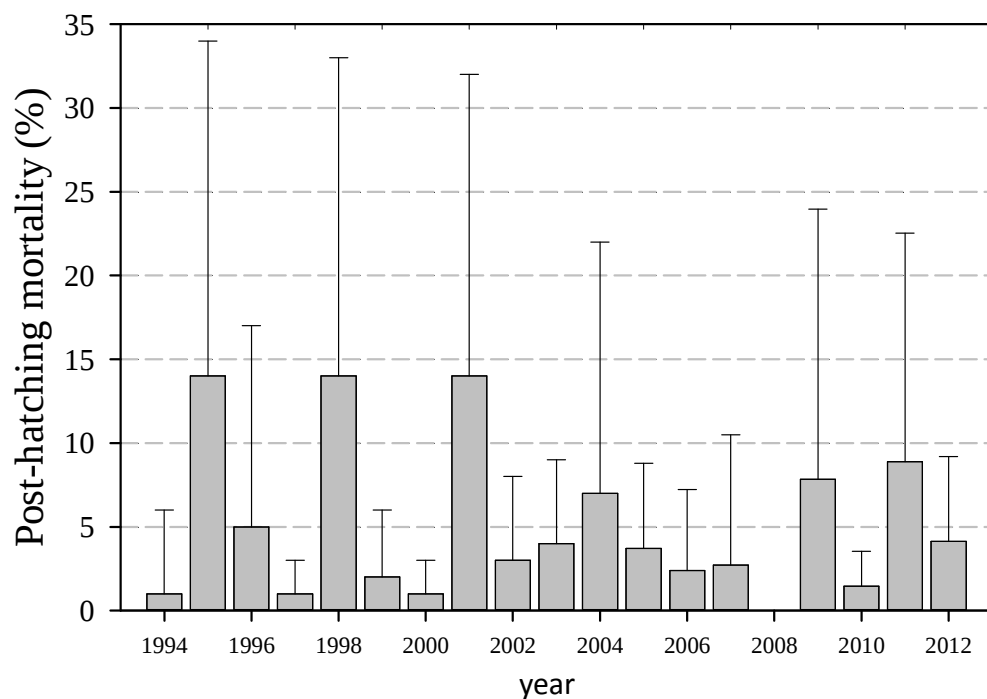
圖三十四、1992 到 2012 年間望安島上龜卵孵化率。



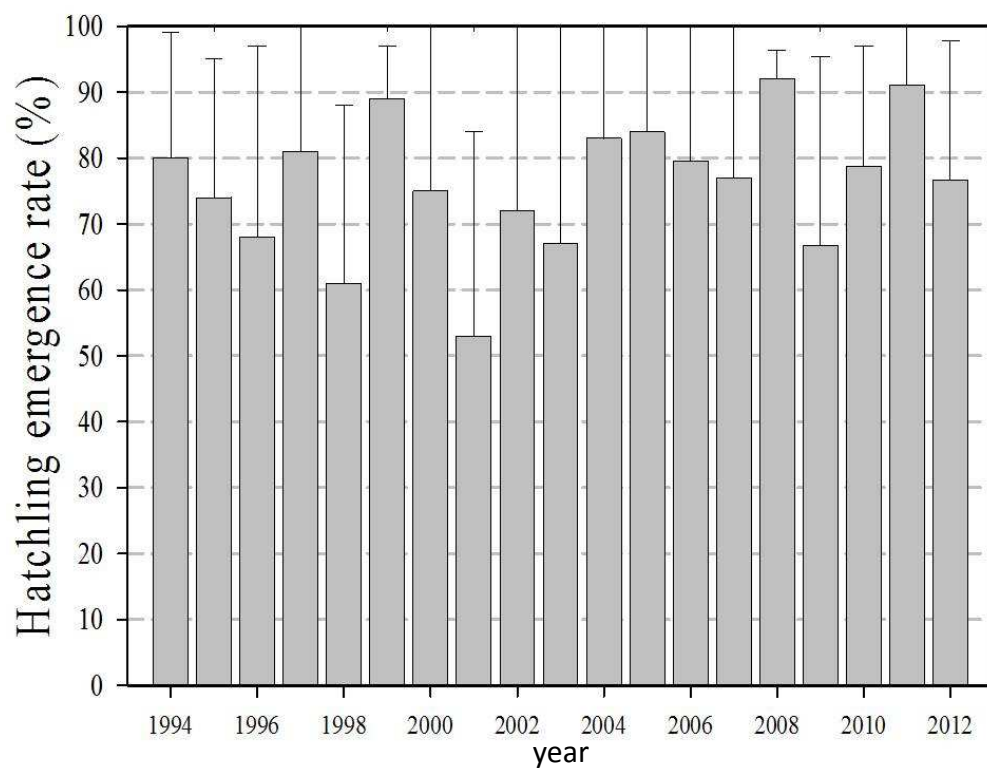
圖三十五、1992 到 2012 年間望安島上龜卵孵化期。

每年卵窩內稚龜的平均死亡率介於 1%到 14%之間(圖三十六)。

每年稚龜的平均爬出卵窩率介於 52%到 96%之間(圖三十七)。

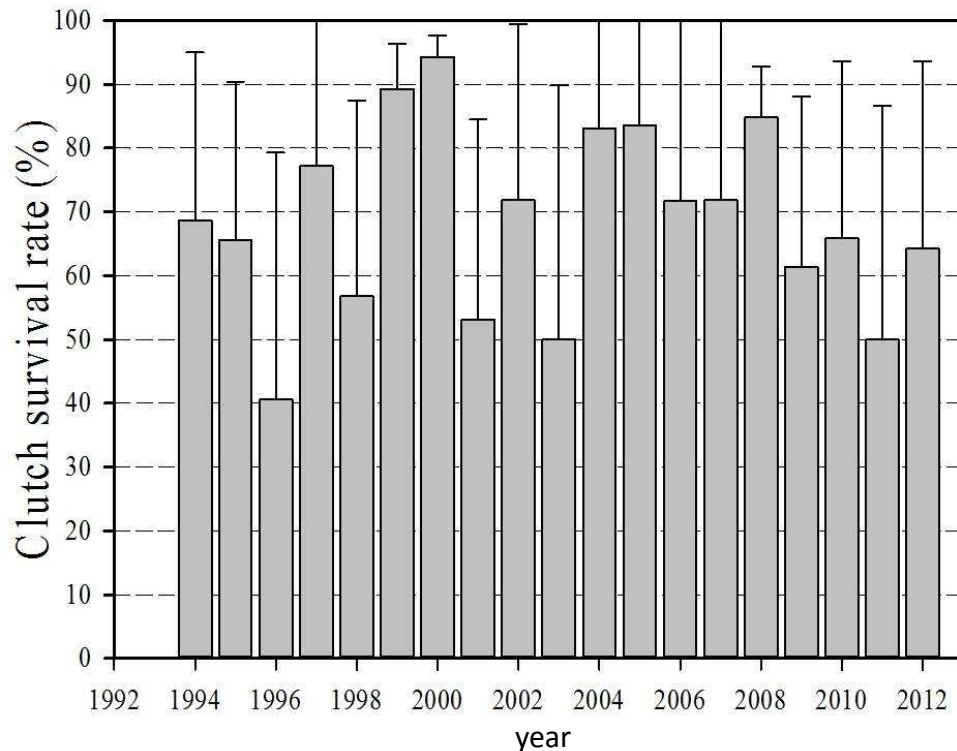


圖三十六、1994 到 2012 年間望安島上稚龜孵化後的死亡率。



圖三十七、1994 到 2012 年間望安島上稚龜爬出卵窩率。

因此，每年稚龜的 clutch survival rate 介於 39%到 92%之間(圖三十八)。

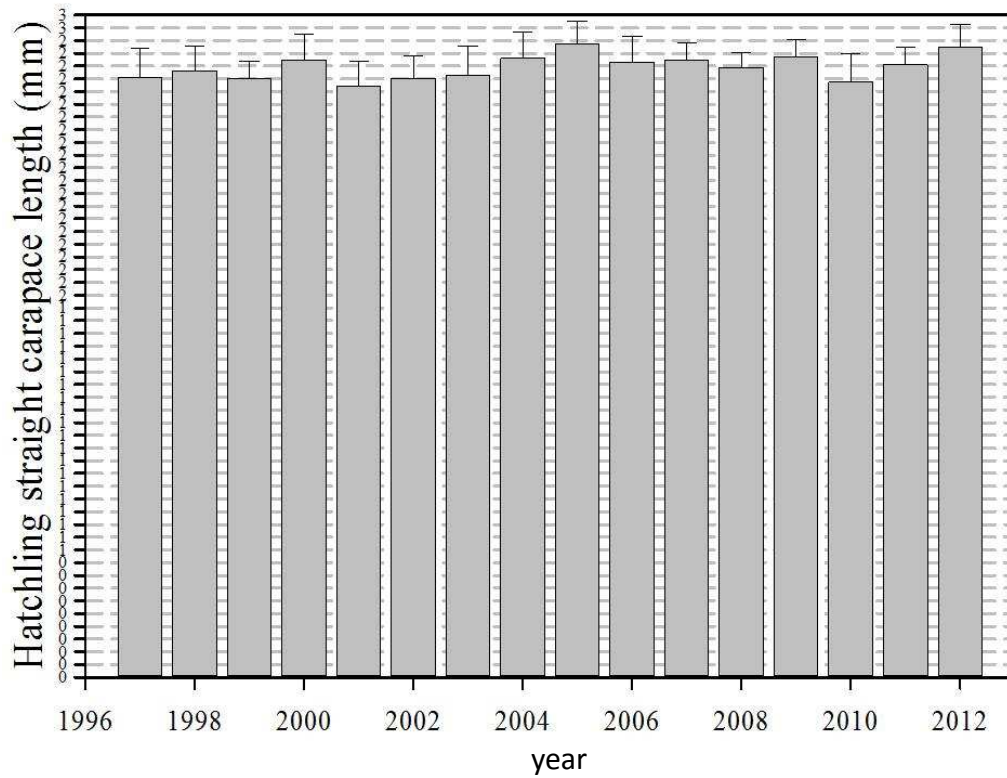


圖三十八、1994 到 2012 年間望安島上稚龜 clutch survival 率。

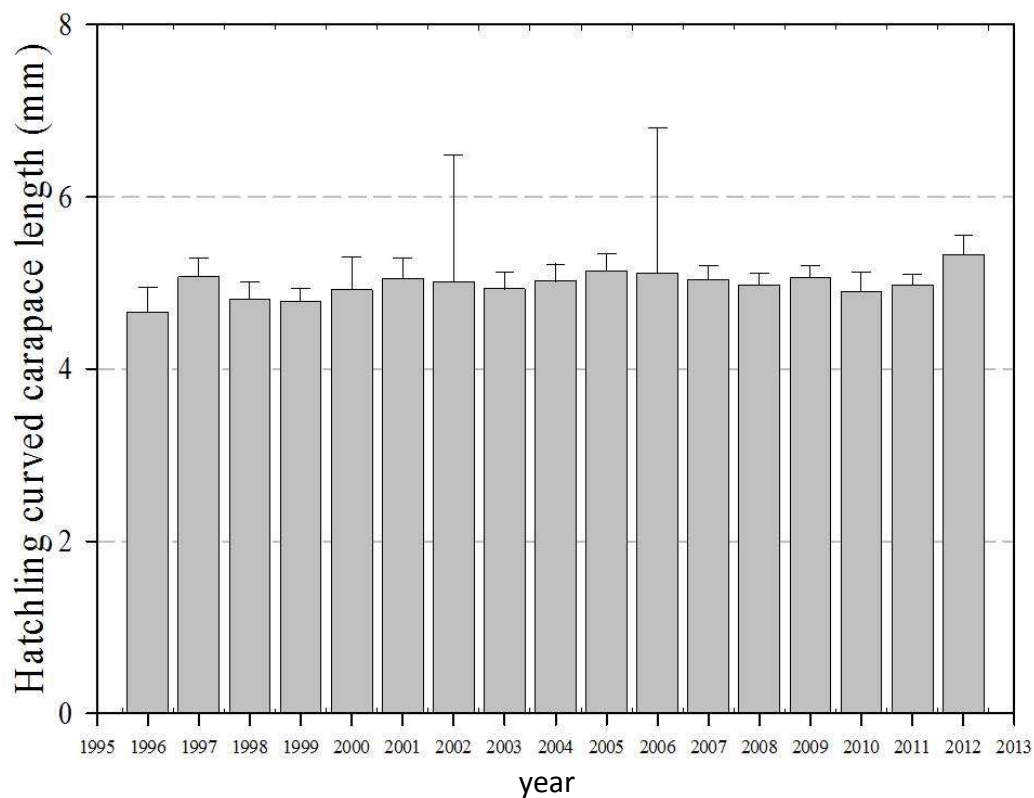
由於沒有長期變化的趨勢存在，龜卵孵化的環境相對的較穩定。

3. 稚龜的形質形態

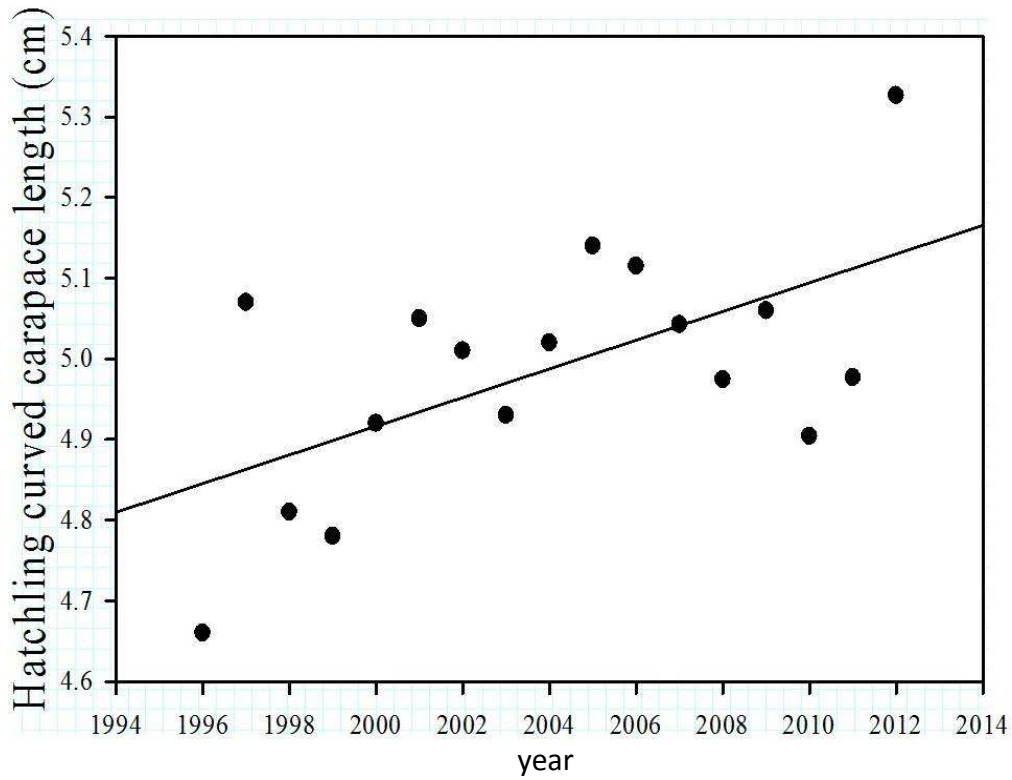
在稚龜形質形態方面，每年稚龜的平均背甲直線長介於 4.64cm 到 4.97cm 之間(圖三十九)。而每年稚龜的平均背甲曲線長介於 4.66 到 5.44 公分之間(圖四十)。同時我們發現稚龜背甲曲線長有逐年增加的趨勢((稚龜背甲曲線長) = $-30.665 - 0.0178(\text{年})$ ， $n = 17$, $r^2 = 0.589$, $p = 0.013$)(圖四十一)。



圖三十九、1997 到 2012 年間望安島上稚龜背甲直線長。

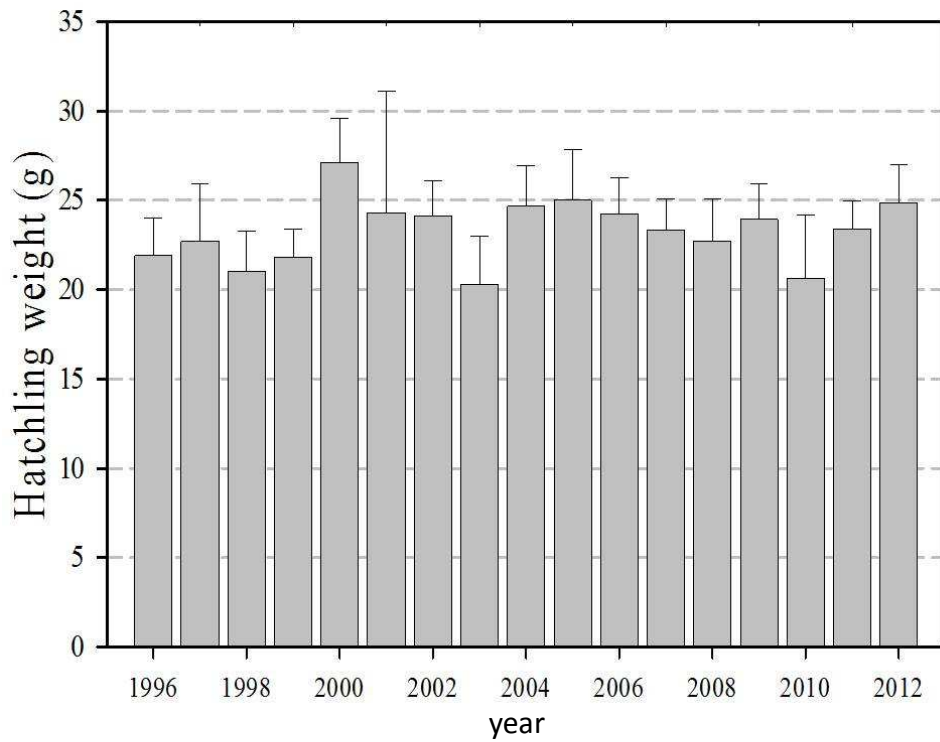


圖四十、1996 到 2012 年間望安島上稚龜背甲曲線長。



圖四十一、1996 到 2012 年間稚龜背甲曲線長的年度變化趨勢。

每年稚龜的平均重量介於 20.6 到 25 公克之間(圖四十二)。



圖四十二、1996 到 2012 年間望安島上稚龜重量。

伍、結論

一、長期生態調查顯示：

- (一)望安島的氣溫及降雨量均以夏天產卵季時為最高。
- (二)上岸的母龜數量介於 2 頭到 19 頭之間。
- (三)母龜的產卵季集中於七、八兩月。
- (四)約 4 成的母龜，平均約 5 年會回會返回望安島產卵。
- (五)在產卵季中，母龜主要選擇在 A(天台山),C(土地公),D(長瀨),E(水雷仔)及 G(網垵口)等沙灘上產卵。
- (六)在沙灘上，有 72%的爬痕頂點位於沙草交界及草地處，而 75%的卵窩會位於草地及沙草交界處。
- (七)母龜上岸、掘洞及產卵次數有逐年增加的趨勢，但產卵成功率卻有逐年降低的趨勢，這代表在望安產卵的母龜，須花更多的力氣去找尋適合的產卵地。
- (八)母龜的產卵間期有逐年縮短的趨勢，這代表望安島上的母龜，其產卵行為已產生明顯的變化。
- (九)稚龜背甲曲線長有逐年增加的趨勢。

二、白沙鄉國民小學保育巡迴演講活動

在這講求生物多樣性的二十一世紀，我們必須喚醒民眾對自己周

遭環境的重視。綠蠵龜是澎湖縣重要的觀光資源，但是一般縣民對海龜的了解，大多經由媒體及政府宣導，僅知其為保育類動物。因此我們希望藉由海龜保育巡迴演講活動，對於澎湖縣國小生加強教育宣導，以向下紮根的方式，期待未來能有全新的海龜保育觀念。演講活動係由本研究團隊，派員至澎湖各國小進行宣導，內容為綠蠵龜保育之各項主題。如保護區設立之原由，海龜之救傷通報與處理方式、台灣海龜之生殖生態調查、海龜之生態觀光與未來保育之趨勢走向等。此活動共計 7 所國小，分別為中屯國小、講美國小、港子國小、赤崁國小、吉貝國小、鳥嶼國小、後寮國小，共計 364 名學生參與本次活動。透過演講方式，使得澎湖下一代以保護海龜族群為榮，並視海龜為澎湖縣的代表性動物，為保育自己周遭環境、生物盡一份心力。

三、望安鄉轄內綠蠵龜生態導覽解說

除了向國小生宣導海龜保育外，我們更期望能將保育的種子向外擴散，因此我們希望藉由向當地居民及島上遊客進行綠蠵龜生態導覽解說的方式，將海龜保育的觀念推展出去。今年度的解說時間從 7 月 2 日開始，9 月 1 日結束，共舉辦了 22 場解說，來聆聽的遊客共有 201 人次。我們對其中的 160 位做了調查，其中 73 位是男性、87 位是女性；北部的旅客有 87 位，中部 36 位，南部 31 位，東部 6 位。

160 位旅客中有 36%是學生，19%為教職員，11%為公務員，9%為商人，光是學生就占了三分之一，由此可見來參加解說的聽眾有很大部分是年輕族群。160 位聽眾的職業如表三：

表三：160 位聽眾的職業比率

職業	人數	比率(%)
學生	57	36
教職	30	19
公職	18	11
商	15	9
服務業	12	7
家管	8	5
自由業	6	4
旅遊業	5	3
工	4	3
農漁牧	1	1
其他	4	2
合計	160	100

160 位聽眾的年齡分布如表四：

表四：160 位聽眾的年齡分布

年齡	人數	比率(%)
0-10	8	5
11-15	17	11
16-20	13	8
21-25	21	13
26-30	11	7
31-35	22	14
36-40	18	11
41-45	28	18

46-50	18	11
51-55	2	1
56 以上	2	1
合計	160	100

生態解說的内容包含澎湖的海洋生態、海龜生殖生態介紹、海龜面臨的危機及望安綠蠵龜觀光保育中心的介紹，同時宣導望安綠蠵龜的保育成果。今年除了臺灣的遊客外，更有遠從加拿大、德國及澳洲而來的旅客報名生態解說活動，由此可見望安的綠蠵龜保育，擁有推展到世界各國的潛力。透過解說，讓參加的民眾了解海龜保育的重要及望安綠蠵龜保育的成果，進而達到生態保育的目的。

陸、建議

澎湖縣望安島之綠蠵龜產卵棲地保護區，自從 1995 年劃設以來，已屆滿十七年。海龜的基礎研究調查資料皆已建立，對其洄游行蹤也有一定程度的瞭解。然而，持續進行海龜資料的收集及追蹤，才能面對全球環境變遷對保護區之海龜生物學的影響，有一深入的了解及採取適當的因應措施。持續推廣海龜的保育教育仍是落實海洋保育觀念所必需的工作。定期至學校進行巡迴演講，持續地將澎湖當地的保育類動物--海龜，介紹給學生認識，透過認識而瞭解，進而去保護牠，使澎湖下一代能以保護海龜族群為榮，並視海龜為澎湖縣的代表性動物。

今年因國內旅遊依然熱門，到保育館聽我們解說的遊客也很多，只要不下雨，當天一定有遊客報名當晚的解說課程，截至目前共舉辦了 22 場的海龜生殖生態研習解說，解說對象除了望安當地民宿、旅遊業者、團體遊客及一般散客之外，也多了一些想推廣澎湖深度旅遊的踩線團及旅行團，因此參與海龜生殖生態研習解說的人數有明顯增多，我想這對海龜保育的推動，會有很大的助益。此外，今年也有不少外國旅客報名參加海龜生殖生態研習解說，因此我們也提供英文解說，希望能讓外國朋友充分了解澎湖望安的海龜保育現況。今年同時也有一位世新大學視覺傳播系的學生，要以志工的角度，以手繪本的方式，紀錄海龜產卵及島上的工作情形，做為他的畢業論文。這很有趣，也是一種值得鼓勵的學習方式。

此外，民視於 8 月 2-3 日期間應澎湖風景區管理處之邀，拍攝一個外語的觀光介紹影片，而望安島則是以我們的野外工作為重點，雖然沒有拍到母龜上岸產卵，但拍到我們挖掘卵窩及野放小海龜，及訪問一些學生。而公共電視一個兒童教育節目——“下課花路米”，也於 27-30 日間到望安島拍攝綠蠵龜的影帶，也拍到野放小海龜的鏡頭。

在保護區的管理方面，雖然望安的海龜產卵沙灘已劃設為保護區，但因海龜本身也是一個重要的觀光資源，許多到澎湖或是望安島

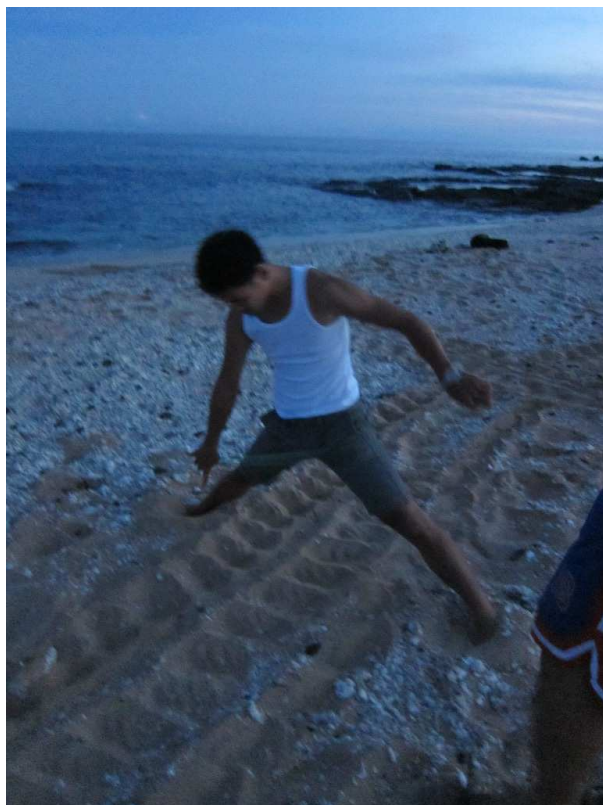
的遊客都希望一睹牠上岸產卵的風采，因此如何一方面能維護保護區的完整性，另一方面又能滿足遊客的好奇心，且能給地方帶來名聲及財富，是一個亟待解決的現實問題。因此，在超過十年不斷地反覆練習及評估將這種活動推向商業行為(即海龜印符公司活動)的可行性之後，我們得出一個結論，就是在望安島推動夜觀海龜產卵是可行的，且能給地方帶來可觀的財富(兩個半月當地的淨收益超過 4 百萬元)。不過欲達此一目的，有兩個先決條件;第一，所有的遊客，均需參與行前由研究單位或是具有相關專業訓練人員(如獲得海龜生態研究的碩士)所舉辦的海龜生態及保育解說，並填寫問卷，好做為主管機關對遊客之社會及年齡組成的參考。第二，必須完全掌控遊客在沙灘上的行動，包括進入沙灘前的集合地點、接近海龜的時機及路線、夜觀海龜產卵及下海的位置、離開沙灘的時機及路徑等，這部分應由導遊配合研究人員的指示為之。只有在這種設計下，才不會違反野生動物保育法，且研究人員因是免費服務，才能做公正的處理，並提供有品質的服務。在行前解說部分，因不涉及進出保護區的問題，所以可以接受預約，人數不設限。不過不論是團客或是散客，均需在下午 4 點 30 分左右，將當日參與解說的名單，傳真到縣政府保育科。在進入保護區方面，由於我們無法確定當晚是否有海龜上岸產卵，所以不接受預約，以免讓遊客失望。若有海龜上岸，因怕驚擾到海龜的

產卵行為，我們會在確定母龜產卵後，才通知遊客到定點集合。一方面減少對母龜的干擾，另一方面也不會讓遊客敗興，達到兼顧海龜保育及生態旅遊的目的。至於最大容許量的人數，則視管制人員數量而定。一般而言，只有散客的情形下，人數上限為 20 人。在有一位導遊陪同下，可增加為 30 人，2 位帶團人員參與下可增為 40 人，3 位以上就可以到 45-50 人，望安島參與夜歸海龜的人數最多 30 到 40 人之間，平均不到 10 人。

在確立保護區的管理方式及辦法後，我們就可以逐步規劃海龜及望安島生態旅遊的商業行為。

附錄壹：活動照片及說明：

一、海龜資料收集、追蹤、分析、野外調查分析：



測量海龜爬痕



母龜產卵後挖掘卵窩



清潔龜卵及量測龜卵直徑



測量卵窩深度



母龜下海



剛孵化的小龜

二、 澎湖縣白沙鄉國民小學保育巡迴演講活動：

(一) 後寮國小保育巡迴演講



講師曾鈺琮介紹海龜的保育

(二) 中屯國小保育巡迴演講



講師郭芙介紹海龜的種類

(三) 吉貝國小保育巡迴演講



講師郭芙介紹澎湖的保護區

(四) 港子國小保育巡迴演講



講師曾鈺琮介紹海龜的疾病

(五) 鳥嶼國小保育巡迴演講



講師曾鈺琮發海龜墊板給學生

(六) 講美國小保育巡迴演講



講師曾鈺琮介紹海龜的保育

(七) 赤崁國小保育巡迴演講



講師吳莆馨介紹如何分辨海龜性別

三、 望安鄉轄內綠蠵龜生態導覽解說



講師在保育館外宣導綠蠵龜生態保育



講師解說小海龜孵化情形



講師解說海龜的分類



講師解說海龜生殖生態



講師在保育館內做海龜生態解說

附錄貳：澎湖縣白沙鄉海龜保育巡迴演講之國小

編號	學校名稱	聯絡電話	地址	學生人數
1	後寮國小	06-9931027	澎湖縣白沙鄉後寮村 218 號	51
2	中屯國小	06-9931561	澎湖縣白沙鄉中屯村 180-2 號	21
3	吉貝國小	06-9911086	澎湖縣白沙鄉吉貝村 8 號	55
4	港子國小	06-9931524	澎湖縣白沙鄉港子村 54-2 號	26
5	鳥嶼國小	06-9916077	澎湖縣白沙鄉鳥嶼村 57 號	96
6	講美國小	06-9931268	澎湖縣白沙鄉講美村 141-1 號	55
7	赤崁國小	06-9931048	澎湖縣白沙鄉赤崁村 370 號	50
合計 354 人次				

附錄參：望安鄉沙灘位置圖



A：天台山、B：水庫、C：土地公、D：長瀨、E：水雷仔、F：西安
村、G：網坡口、H：萬善宮-I、I：萬善宮-II

附錄肆：2012 年望安綠蠵龜紀錄表

母龜 1：標示編號碼：左 TW4255，TW4258/右 無標

晶片號碼：145344561A

直線背甲長：92.5 公分，曲線背甲長：99 公分

產卵日期	地點	產卵數	孵化日期	孵化數	存活數	死亡數	未孵化數	備註
2012/7/2	水庫 B	96	2012/8/21		91			
2012/7/16	水雷仔	97			61			孵化日 不詳
2012/8/9	土地公	113						

母龜 2：標示編號碼：左 TW653/右 無標

晶片號碼：145314364A

直線背甲長：88.5 公分，曲線背甲長：95 公分

產卵日期	地點	產卵數	孵化日期	孵化數	存活數	死亡數	未孵化數	備註
2012/7/10	土地公	70	2012/8/29		66			
2012/7/25	土地公	78						
2012/8/7	土地公	不詳						未挖

2012/8/22	土地公	80						
2012/9/5	土地公	不詳	2012/10/25					未挖
2012/9/19	土地公	不詳						未挖

母龜 3：標示編號碼：左 TW077/右 TW076

晶片號碼：133473512A

直線背甲長：91.5 公分，曲線背甲長：97.5 公分

產卵日期	地點	產卵數	孵化日期	孵化數	存活數	死亡數	未孵化數	備註
2012/7/10	天台山	73	2012/9/2		29			
2012/7/23	天台山	84						
2012/8/7	天台山	76						
2012/8/22	天台山	80						

母龜 4：標示編號碼：左 TW1098/右 無標

晶片號碼：145326130A

直線背甲長：107 公分，曲線背甲長：109 公分

產卵日期	地點	產卵數	孵化日期	孵化數	存活數	死亡數	未孵化數	備註
2012/8/5	水雷仔	131						

2012/8/20	天台山	81						
-----------	-----	----	--	--	--	--	--	--

無母龜資料之卵窩

產卵日期	地點	產卵數	孵化日期	孵化數	存活數	死亡數	未孵化數	備註
2012/6/15	網垵口	100	2012/8/6		72			
2012/6/16	土地公	81	2012/8/9		58			
2012/8/7	水庫 B	67	2012/8/12		62			
2012/7/8	網垵口	不詳						未挖
2012/7/30	土地公	不詳						未挖
2012/9/5	土地公	不詳	2012/10/25					未挖

附註：此為本年度(2012 年)研究中所取得的資料，由於野外工作狀況

多變，有時看到母龜時已產完卵，因此無法取得卵窩資料及母

龜編號。

附錄伍：海龜保育巡迴演講講義





挖產卵洞（小洞）



產 卵



後肢覆沙



前肢覆沙



卵 窩



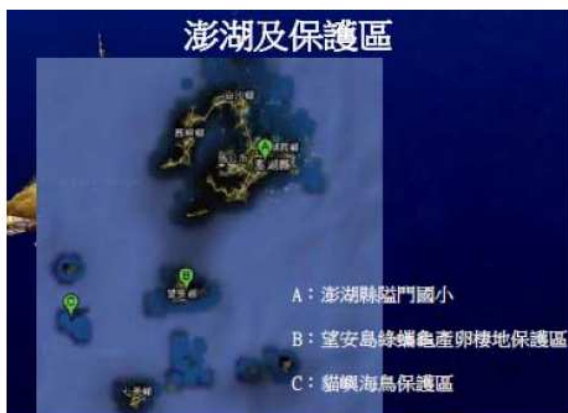
下 海

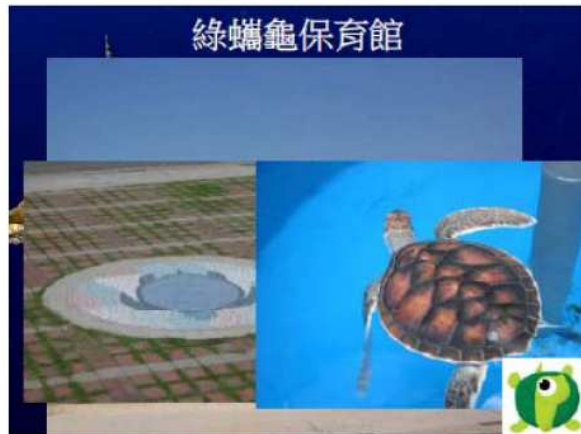






附錄陸：綠蠵龜生態導覽解說講義



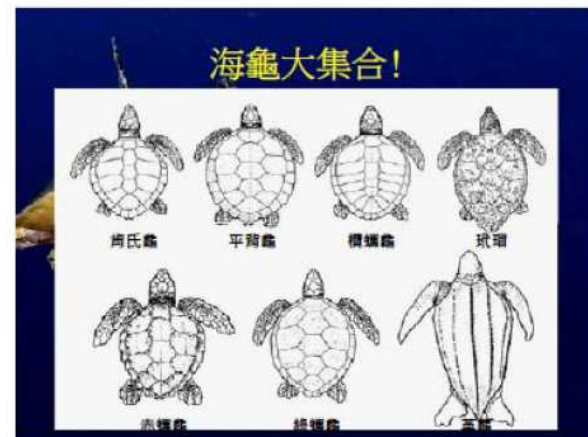


到底有幾種海龜啊?

共有二科七種

革龜科
革龜(*Dermochelys coriacea*)

蠐龜科
綠蠐龜(*Chelonia mydas*)
赤蠐龜(*Caretta caretta*)
玳瑁(*Eretmochelys imbricata*)
欖蠐龜(*Lepidochelys olivacea*)
肯氏龜(*Lepidochelys kempi*)
平背龜(*Natator depressa*)



革龜

別名：稜皮龜
特徵：為皮革狀的外殼
背部具有5-7條稜脊
成熟背甲長：可達130-150cm
成熟體重：可達300-500公斤
主食：水母

欖蠐龜

別名：麗龜
特徵：橢圓背甲，灰褐色
具六對以上的側盾
產卵特色：集體上岸產卵 (arribada)
成熟背甲長：60-72cm
成熟體重：可達100公斤
主食：甲殼類

赤蠐龜

別名：紅頭龜
特徵：橢圓背甲，赤紅色
具五對的側盾
頭部的比例較大
成熟背甲長：75公分-超過120公分
成熟體重：可達200公斤
主食：甲殼類與貝類

玳瑁

特徵：長橢圓背甲
盾片為瓦片狀排列
嘴喙呈彎曲，類似鳥喙
成熟背甲長：75-85公分
成熟體重：可達80公斤
主食：海绵

