

# 綠蠔龜

跟著  
海龜教授  
尋找綠蠔龜

Green  
Turtle

程一毅 著

(增修版)



晨星出版



作者簡介

## 程一駿

民國42年7月29日生於新竹，國立海洋大學漁業學系畢業，之後負笈美國，在紐約州石溪大學大氣及海洋科學系攻讀碩士及博士，然後在該校生態及演化系任職兩年半的博士後研究員。民國81年返國任教於國立台灣海洋大學海洋生物研究所，任教期間擔任過海洋生物研究所教授兼所長，目前兼職該校生命科學院的院長。

f 田田 / 島星自然

最新最夯的自然大小事，皆在島星自然臉書中。  
歡迎您加入島星自然，掌握即時自然生態出版訊息。



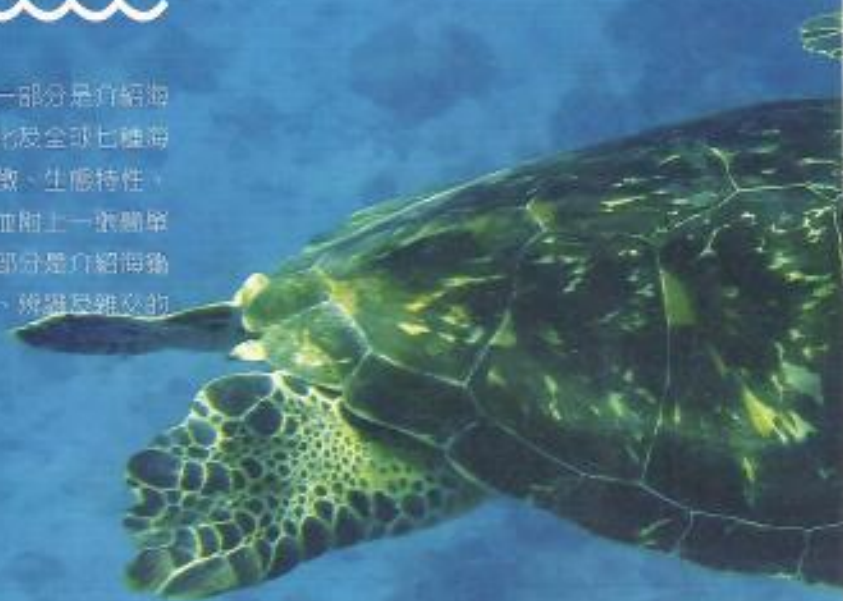
歡迎申請加入  
島星Star閱讀會員

2017

# CHAPTER 1

## 海龜的起源、 分類和族群

本書分為兩部分，一部分是介紹海龜家族的起源、演化及全球七種海龜的分類、形態特徵、生態特性、分佈及保育現況，並附上一張簡單的分類圖片；第二部分是介紹海龜的族群結構、演化、繁殖及雜交的問題。



了保護傘的功能，在保護海洋其他非保育類生物的先決條件下，海龜才能健康的活在這片大海中。一些新的科技發展，讓我們能更了解海龜在自然界中的行為細節，以及這個活化石如何活過無數次的冰河期，卻躲不過人類短短數百年的捕殺。這些資料都對海龜的復育有非常重要的助益。當研究的資料越趨完備時，我們就會發現，唯有在完整的生態系觀念下，才能將這些事件串成一個完整的故事；也就是在對海龜的生物學及周圍的海洋環境有充分了解後，我們就會了解為何地球的生態是如此脆弱，需要我們小心的去維護。

本書是以科普的手法寫作，希望藉由大家都能看懂的文筆，將海龜生物及行為學的知識傳遞給社會大眾。在環保意識高漲的今天，大家都對周遭的海洋環境有一定的期望，對海龜所面臨的問題，也有許多的疑問。希望能藉由本書，提供一些正確的思考方向，並解答一些關於這個活化石適應環境變化的方法，和如何做才能達到對海龜及人類友善的海洋環境。

程一駿

謹識於 國立台灣海洋大學 生命科學院 院長室



## 再版序

### FOREWORD

2010年寫了《綠蠵龜——跟著海龜教授尋找綠蠵龜》的第一版後至今已七年了，在這七年中，科技進步得很快，許多的新知識、新觀念及新技術不斷問世，一些重要的研究成果也提供海龜生物學上最新的看法。因此，第一版的資料有必要加以修正及補充，方能提供給大家最完整的資訊。在第二版中，我在第一章的海龜分類內容加入了族群的資料，以充實族群生態學的觀念；第二章主要是加入性別比的觀念，以解答為何龜卵受精時，是沒有性別的；第三章主要加入潛水生理及相關的研究，讓大家對海龜的洄游有三度空間的觀念；第四章中，主要是加強光污染及海洋廢棄物的衝擊，以及全球氣候變遷對海龜的影響；第五章是一個新的章節，內容主要討論海龜擱淺及救傷的時機、原則及方法；第六章主要是加入正確的宗教放生觀念。

在這七年中，人們已由對海龜的了解甚少，深入到能體會海龜和海洋環境之間的關係。隨著媒體的大量報導，海龜發揮了其鉅航物種的功能。海龜擱淺救傷計畫的推展，更讓人們了解到海龜的健康與否，和人類污染海洋環境的嚴重性，有非常密切的關係，因此海龜也發揮

## Chapter3

### 大海中的航行者 74

- 海龜洄游之謎 76
- 小海龜下海後到大洋中的棲地 77
- 小海龜到亞成龜的棲地 78
- 成熟海龜的生殖洄游 79
- 其他相關技術 91
- 海龜洄游行為的全貌——三度空間表示法 93
- 台灣及太平島綠蠔龜的海上行蹤 94
- 後記 99

## Chapter4

### 海龜的生存危機 100

- 海龜的天敵 102
- 直接的捕殺 104
- 棲地破壞 114
- 光污染 122
- 海上棲地破壞 124
- 全球暖化問題 128

## Chapter5

### 擱淺海龜的救傷 130

- 海龜為何會擱淺？ 132
- 海龜擱淺通報系統 133
- 海龜的救傷與照應 137
- 海龜野放回大海 143

## Chapter6

### 海龜保育與文化的關聯 150

- 保育的重要性 152
- 保育的方式 153
- 海龜與民俗文化 167

致謝 173



# 目錄

## CONTENTS

再版序 4

### Chapter1 海龜的起源、分類和族群 6

- 什麼是海龜? 8
- 海龜是怎樣出現在這個世界上的? 10
- 台灣常見的海龜 14
- 海龜的族群及演化 36
- 如何不去碰觸海龜就能評估海龜族群量——臉部辨識法 39
- 海龜的雜交種 44
- 海龜族群的管理 45

### Chapter2 綠蠔龜的生殖生態 46

- 台灣的綠蠔龜 48
- 成龜的交配 52
- 上岸產卵 54
- 產卵地的選擇 60
- 小海龜的孵化過程 63
- 小海龜破殼而出爬向大海 66

#### column

- 海龜辨識特徵 34
- 海龜的一生 72

# 綠蠓龜



## Green Turtle

程一駿——著

〔增修版〕

晨星出版





# SEATURTLES



陸龜 (加拉帕戈斯)

淡水龜 (巴西龜)

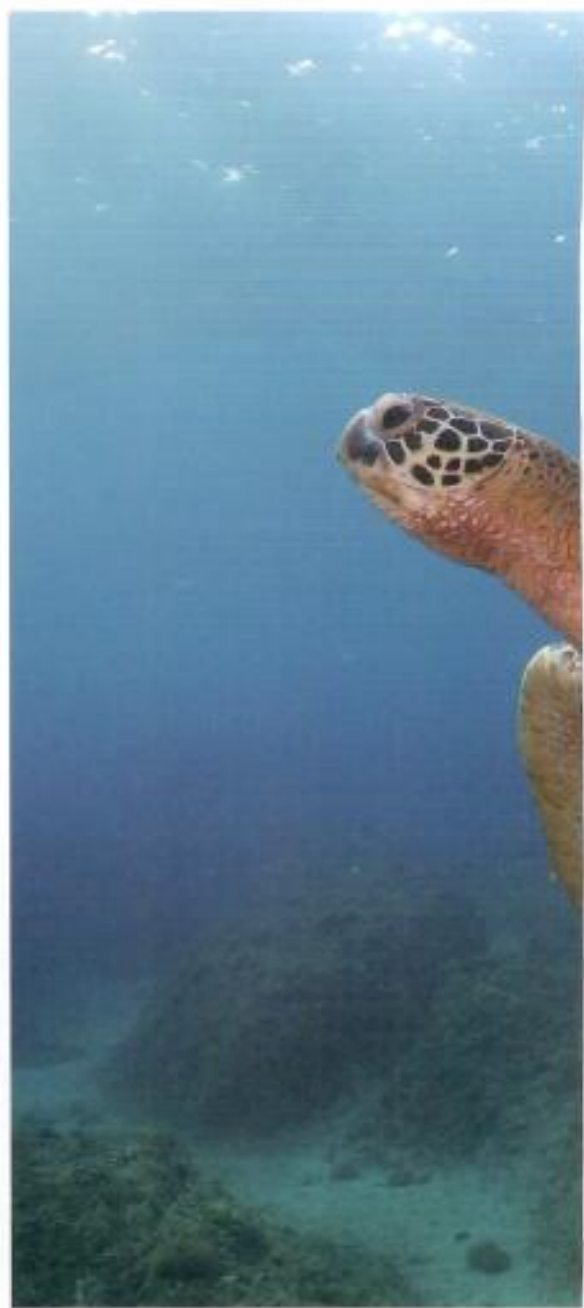


## 海龜是怎樣出現在這個世界上的？

最早的海龜 *Proganochelys* 出現於二億年前的三疊紀 (Triassic)，和恐龍同時出現在這個世界上。牠的祖先是淡水龜，只是在演化的過程中，由陸地逐漸遷入海洋的領域罷了。那時牠的鰭狀肢與鰭上的趾，都與現在的淡水龜很像，體型也長的和淡水龜一樣，但因其眼下具有分泌鹽分的淚腺，因此代表牠能在海中生活。

海龜之所以能遷入海洋中生活，應歸功於早期陸龜中的硬殼龜目 (Order Chelonii)，大量演化出淡水性的物種。這使得水棲性的龜類具有扁平且較流線的體型、盾甲邊緣變得較為尖細、前肢也變得較長以利於側面 (游泳) 而非腹部 (走路) 的移動。這種形態上的變化，有利於海龜在日後成功地遷入海洋中生活。

現今所有的海龜均源自鱗龜目的潛頸龜亞目 (SubOrder Cryptodira)，其中一支約在一億年前演化成現今皮質殼的革龜科。而現今具有硬殼的海龜則出現在四千五百年到五千五萬年前，牠們雖在演化的過程中，失去了將四肢及頭部縮進龜殼的能力，但卻強化了頭蓋骨，使它能包住整個頭部；也加長了前鰭狀肢的長度，使它們具有船槳的功能。這種變化，使海龜成為海中的游泳高手；



Chapter

1

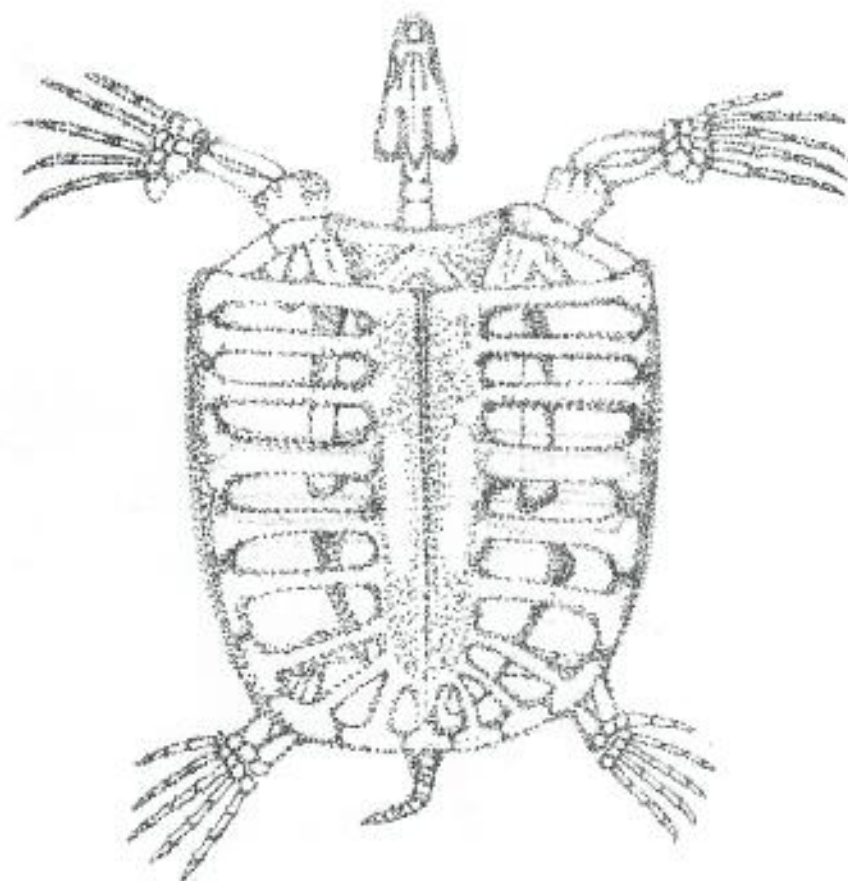


海龜的起源與演化



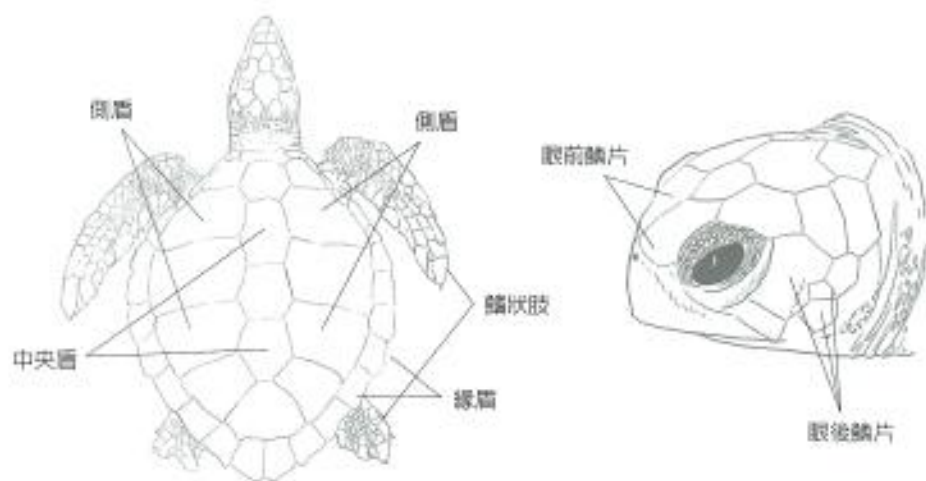
牠的淚腺加長，具有排鹽的功能；也減少了背甲上的骨骼數。海龜一旦演化到能適應海洋的生活後，其基本體型就很少改變，也比已經跡的祖先之體型及結構要來得單純。現今的海龜，除了一種（即東太平洋的「黑龜」）的分類尚有

爭議外，其餘七種，因其演化與生態及食性上的適應有關，其體型特徵也與其生活環境的特質密不可分，其地理分布也與其體內酸鹼平衡之溫度適應範圍有關，因此分類很早就確立了，也少有爭議出現。



Archelon 原始龜

海龜鱗片的種類



Chapter

1



海龜的起源、分類和演化



## 台灣常見的海龜

比起其他的物種而言，海龜的種類並不多，分別為海龜科的綠蠵龜、赤蠵龜、欖蠵龜、肯氏龜、玳瑁、平背龜及革龜科的革龜等兩科七種。而在台灣海域出沒的共有兩科五種，分別是海龜科的綠蠵龜、赤蠵龜、欖蠵龜、玳瑁及革龜科的革龜。海龜科的物種又以食性分

成草食性的海龜族及肉食性的蠛龜族，各物種的特徵及生態環境將分別詳述如下。另外兩種海龜：海龜科的肯氏龜及平背龜，因屬於地區性分布的物種，不會出現在台灣附近的海域，不過為了本書的完整性，仍將在此作介紹。

### 綠蠵龜 *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758)

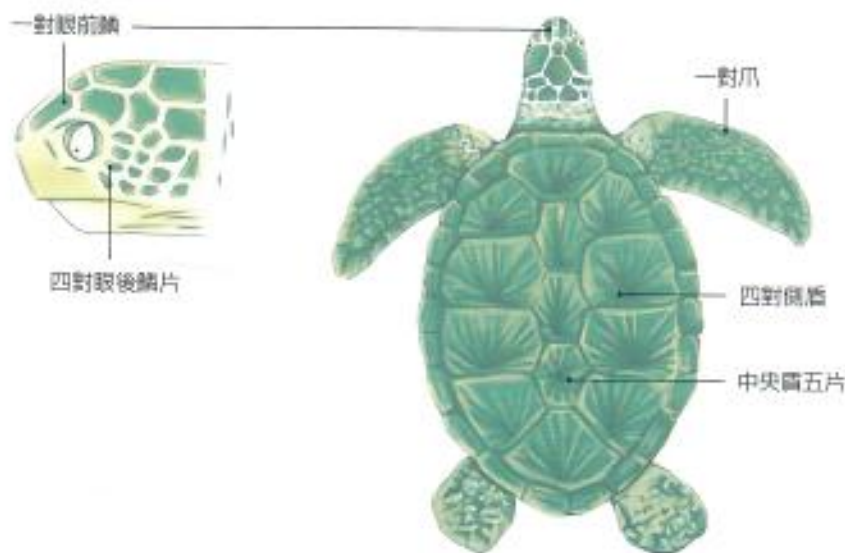
英文名：Green turtle

別名：綠海龜、海龜、石龜、黑龜、菜龜

分類地位：龜鱉目，攝頰亞目，海龜科，海龜屬動物

又名綠海龜或是海龜，屬於爬蟲綱，無弓亞綱，龜鱉目，攝頰亞目，海龜科，海龜屬動物。英文的俗名為 green turtle，中文俗名為石龜、黑龜或是菜龜。





### 體型特徵

綠蠵龜的體型呈長橢圓形，背甲有四對側盾，中央盾五片，呈瓦片狀排列，不互相覆蓋。後緣圓鈍，後半部的緣盾較鈍。眼前之額前鱗片僅一對。體色呈棕色到墨黑色，有時背甲具有大花斑紋。野外的小海龜要長 20～50 年才會成熟，成熟的綠蠵龜可達 1 公尺以上背甲直線長，體重可達 100 公斤以上。

### 生態特性

綠蠵龜是目前所有海龜中，數量最多的種類之一。小海龜多分布在大洋中的漂流性馬尾藻下，過著雜食性並以浮游生物為主食的生活。亞成龜及成龜則會居住在沿岸的珊瑚礁及海草床區，過著以海草及大型藻類為主

食的底棲性生活，但偶爾也會出現雜食的現象。綠蠵龜因其體內脂肪富含食物中的葉綠素，因而呈現綠色至墨綠色，英文名為 green turtle。此外，因牠最常為人類所捕食，而又有「菜龜」的俗稱。

### 分布

綠蠵龜為一全球性分布的物種，從北緯 55 度到南緯 46 度之海域皆有其蹤跡，但主要分布於熱帶到亞熱帶珊瑚礁、海藻及海草床所在的海域中。就目前所知的是，南美及南非是阻絕印度——太平洋與大西洋綠蠵龜群體相互擴散的主要原因。或許，再過數百萬年後，我們就會有綠蠵龜亞種或是新種出現。



在台灣，全島各處的沿近海都有牠的蹤跡。至於產卵地所在，於六、七十年以前，綠蠵龜會在台灣的東部、東北部、南部、澎湖、金門、小琉球、蘭嶼及東沙和南沙群島的太平島上岸產卵。如今，由於人為的捕殺及棲地的破壞，台灣本島已幾乎沒有海龜產卵的蹤跡，僅在少數離島人煙罕至的沙灘上，仍有海龜會上岸產卵。目前所知的地點主要

是澎湖縣的望安島、台東縣的蘭嶼島、屏東縣的琉球嶼及南沙群島的太平島。其他的地方像是澎湖本島的蒔裡及北寮、屏東縣的小琉球島、台東縣的杉原、東沙等地都有上岸產卵紀錄，但數量不多也不穩定。比較特別的是在琉球嶼近海有一批為數約 140 頭的綠蠵龜在此居住，由於成員以青少龜為主，有可能是一個重要的成長覓食棲地。



綠蠵龜的全球分布範圍 (粉紅色區域)

#### 保育現況

綠蠵龜的全球族群量估計在二十萬頭以上。然而，牠們大部分分布在少數的地區，而且，全球除了極少數的地區如美國的佛羅里達州及夏威夷等地，因

保育有成而數量有在增加外，大部分地區的海龜族群都在減少中，而且產卵地也在不斷消失中。



## 赤蠍龜 *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758)

英文名：Loggerhead turtle

別名：紅頭龜、蠍龜

分類地位：龜鱉目，隱頸亞目，海龜科，蠍龜屬動物

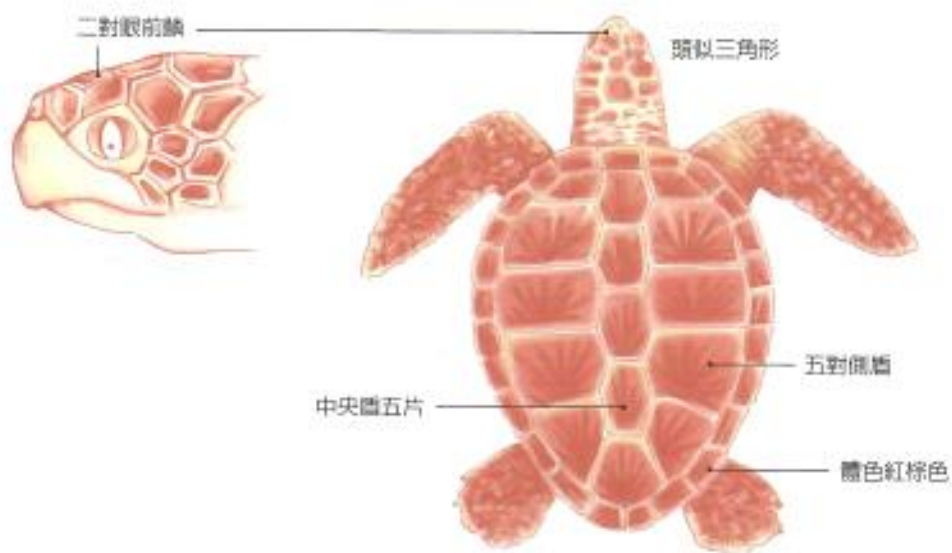
又名蠍龜，屬於爬蟲綱，無弓亞綱，龜鱉目，隱頸亞目，海龜科，蠍龜屬動物。英文俗名為 loggerhead turtle，中文俗名為紅頭龜，或是大頭龜。



### 體型特徵

赤蠍龜的體型為長橢圓形，背甲有五對側盾，中央盾五片，頭與身體的比例要比其他海龜來的大（即頭部較大），粗大的頭部及強而有力的喙，使得牠能捕食底棲性的甲殼類

及其他帶殼的軟體動物。赤蠍龜體色赤紅，有時會帶微褐色。小海龜要長 12 ~ 30 年才會成熟，成熟的赤蠍龜可達 90 公分背甲直線長，體重達近 90 公斤以上。



#### 生態特性

小赤蠟龜也多會分布在大洋中的漂流性馬尾藻下，以浮游生物為食。亞成龜及成龜則會因體型大小而分成近海與大洋兩類：如果開始長得快的話，在背甲直線長長到約 50 公分後便會洄游到近海，居住在岩石海岸地區，過著以貝類、螃蟹、魚及其他底棲性無脊椎動物為主食的底棲性生活。而長得較慢的赤蠟龜，則會洄游到大洋的湧昇區或是洋流聚合區，過著以浮游甲殼類動物如橈足類為食的日子。此外，目前所知赤蠟龜有跨洋洄游的特性：如在日本出生的小赤蠟龜會順著北太平洋亞熱帶渦流的黑潮延伸流到美國加州去成長，等到要交配產

卵時再沿著北赤道洋流回到日本產卵。在大西洋的族群也有類似行為：如在美國佛羅里達出生的小海龜，會順著灣流漂流到歐洲成長，再順著赤道洋流返回佛州交配產卵。

#### 分布

赤蠟龜為一全球性分布的物種，其分布範圍從北緯 62 度到南緯 45 度之間，主要集中於沿近海或大陸棚的硬底質，如礫岩等海域。

赤蠟龜是所有海龜中唯一會在溫帶海域（如日本）上岸產卵的海龜。在台灣，全島各處的沿近海都有牠的蹤跡，



赤蠵龜的全球分布範圍（粉紅色區域）

台灣的東北海岸如宜蘭及花蓮，曾經有赤蠵龜上岸產卵的傳說，但現在並無任何產卵紀錄。

#### 保育現況

赤蠵龜族群的數量目前尚稱穩定，亦非人類捕殺的最主要對象。但牠面臨公海漁業的意外捕獲，及其產卵沙灘開發為住宅和遊憩區之生存壓力卻是與日俱增，反而成為一些產卵地如日本地區之族群銳減的主要原因。

## 欖蠟龜 *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829)

英文名：Olive ridley turtle

別名：麗龜、太平洋麗龜、姬賴利海龜

分類地位：龜鱉目，隱頸亞目，海龜科，麗龜屬動物

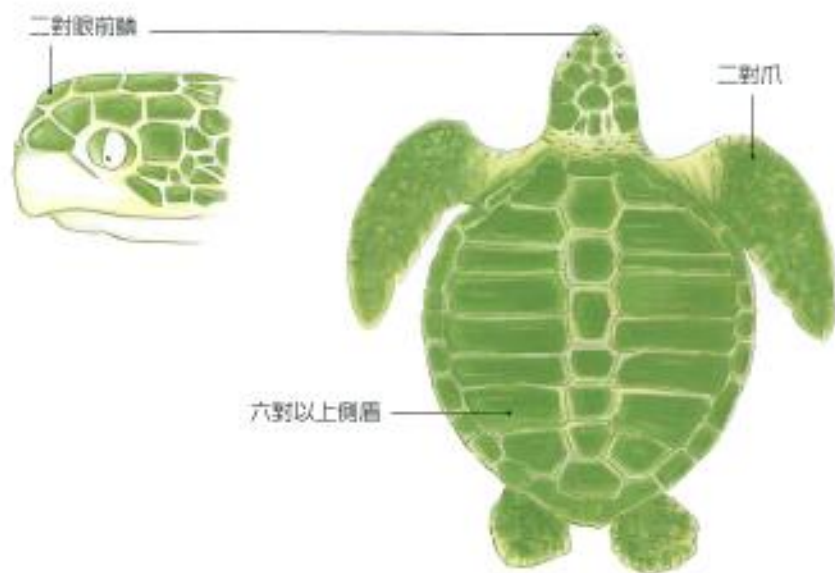
欖蠟龜又名麗龜、太平洋麗龜、姬賴利海龜，屬於爬蟲綱，無弓亞綱，龜鱉目，隱頸亞目，海龜科，麗龜屬動物。英文俗名是 olive ridley turtle，中文俗名則可能是日頭龜或是八卦龜，也因牠會咬人，而有「泥椶龜：Bustard turtle」之稱。



### 體型特徵

欖蠟龜背甲略為橢圓，呈心形的形狀，體呈灰色像似橄欖，故而得名。背甲具六對以上的長側盾，中央盾小，在

最後四對緣盾上各具一小圓孔，其功能不詳。龜寶寶要長 12 ~ 30 年才會成熟，成熟的欖蠟龜可達 65 ~ 70 公分背甲直線長，體重 45 公斤。



#### 生態特性

小襪蟻龜多會居住在大洋中的漂流物下，亞成龜及成龜則會居住在沿近海地區。襪蟻龜為肉食性動物，其食物包括各種魚類、軟體動物及甲殼類如蝦子等，是所有海龜中最兇猛的一種，屬於蠟龜族的一員。牠雖然有大洋分布的特性，但只會在熱帶的沙灘上產卵，而牠和其他海龜最大不同的地方，是會在白天集體上岸產卵（arribada）。根據研究顯示，海龜因在陸地上無自衛能力，因此白天的

集體上岸產卵，將可使天敵產生視覺上的混亂，或是過多食物所產生的餓食感。

#### 分佈

襪蟻龜為一全球性分布的物種，其分布範圍從北緯 35 度到南緯 30 度之間，但主要集中於熱帶海域中。在台灣，全島各處的沿近海都有牠的蹤跡，但數量不多，而且沒有上岸產卵的紀錄。



蠟龜的全球分布範圍 (粉紅色區域)

#### 保育現況

儘管全球只有少數五、六處的主要產卵沙灘，蠟龜的族群量卻是所有海龜之冠。蠟龜雖非人類捕殺的主要對象，但面臨公海漁業的意外捕獲之死亡壓力；尤其是最近在印度的奧里沙海岸（Orissa coast）所發展之蝦拖網漁業，已造成附近一個最主要的產卵族群大量意外死亡。另外，牠也面臨了因人類的大量挖掘龜卵，所產生的生存危機。



## 玳瑁 *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766)

英文名：Hawksbill turtle

別名：海龜蠟燭、無字亞綱、龜類目、隱類亞目、海龜科、玳瑁屬動物

英文俗名為 hawksbill turtle，無中文俗名。



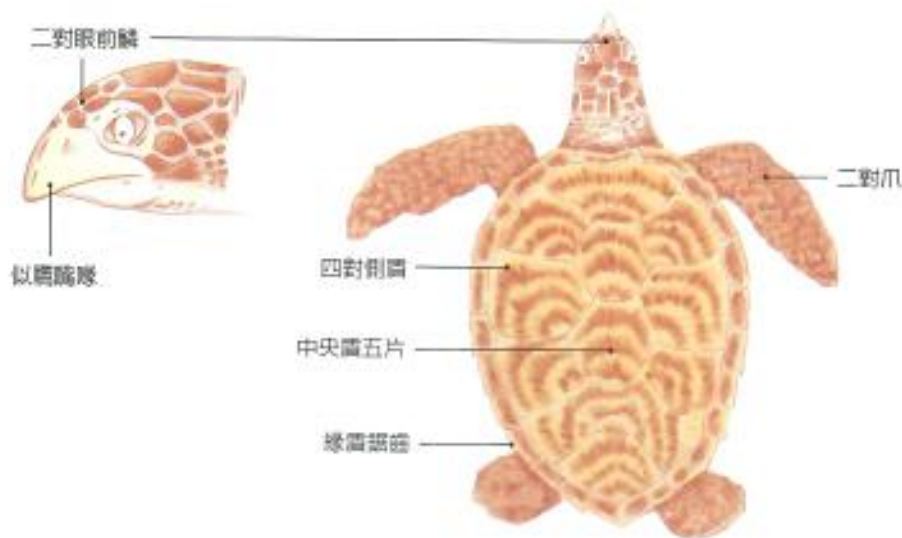
### 體型特徵

玳瑁的體型為長橢圓形，背甲有四對側盾，中央盾五片，呈覆瓦片狀排列，後盾尖銳，且後半部的緣盾較尖，呈鋸齒狀，眼前的額前鱗片為兩對，頭形較小。喙側扁呈勾曲狀，看過去像鷹類的喙，故其英文名為 hawksbill turtle。因牠生活在珊瑚

礁區，所以其體色會隨分布的區域及年齡而有所變化。一般而言，背甲顏色較綠蠟燭鮮豔，且具有黃色的小花紋，腹甲為黃色。成熟的個體可達 75 ~ 85 公分背甲直線長，體重達 80 公斤以上，成熟的玳瑁其體色很像綠蠟燭。







#### 生態特性

小玳瑁多會分布在大洋中的漂流性馬尾藻下，以浮游生物為食。亞成龜及成龜則會居住在珊瑚礁區，過著以珊瑚礁中如海綿等無脊椎動物為食的底棲性生活，屬於蠟龜族的一員。可能因為分布較廣且數量不多，玳瑁很少群聚在一起。然而，方圓數百里的產卵玳瑁卻會在同一處覓食。

#### 分布

玳瑁為一全球性分布的物種，分布範圍從北緯 45 度到南緯 38 度之間，主要集中於熱帶到亞熱帶海域的珊瑚礁區中。

在台灣，全島各處的沿海都有牠的蹤跡，其產卵地在過去以東沙島為主，因人為的捕殺，現在除了澎湖本島的北寮外，並無上岸產卵的紀錄。



玳瑁的全球分布範圍（粉紅色區域）

#### 保育現況

玳瑁因全球性的長期捕殺，以將其殼製成吉祥物、鏡框及珠寶出售牟利，日本家庭喜歡擺設玳瑁殼，以保全家平安，造成牠一度幾乎絕跡。且因獨居的生活特性，其族群量的變化十分難以判斷。日本原為玳瑁最大宗的進口國，近年來因在國際保育組織的持續施壓下，已將牠列為華盛頓

公約附錄一的保育類物種，而停止進口玳瑁及其產製品，而古巴則持續要求開放玳瑁之國際貿易及相關養殖事業。中國是新興的海龜利用國家，由於玳瑁整隻的市價超過 800 美金，因此成為他們最喜歡捕殺的物種，而且這種需求還在增加之中。直到今天，牠的保育爭議仍在進行中。

## 革龜 *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761)

英文名：Leatherback turtle

別名：木瓜龜、楊桃龜、椶皮龜、稜龜

分類地位：龜鱉目，鱗頭亞目，革龜科，革龜屬動物

又名椶皮龜、稜龜、大皮革龜，屬於爬蟲綱，無弓亞綱，龜鱉目，鱗頭亞目，革龜科，革龜屬動物。其英文名為 leatherback turtle，中文俗名為木瓜龜或是楊桃龜。



### 體型特徵

據研究顯示，淡水龜在演化到海洋的過程中，至少進出海洋兩次以上，而革龜是在淡水龜第一次入侵海洋時就演化完成的。因此革龜的形態與其他海龜有很大不同：牠是所有海龜中唯一不具有硬殼或大盾甲的種類，背甲上具有五~七條明顯的隆起稜脊，由許多小骨

板連結而成。黑色或深藍色的背、腹甲具有許多小白斑點。龜寶寶要長 30 年才會成熟，由於沒有硬殼限制其發育，因此成熟的革龜可長到 130 ~ 150 公分背甲直線長，體重可達 300 ~ 500 公斤。全球最重的紀錄是體長約 3 公尺，體重超過 300 公斤（約 800 磅）。



#### 生態特性

小草龜的活動範圍不詳，牠是所有海龜中唯一在大洋中生活的種類，往往會做數千英里以上甚至是跨洋的洄游。由於有鋸齒狀的顎，有利於抓住海中漂浮的食物，因此會以大洋中的水母為主食，但也吃蝦、蟹、半脊索動物、軟體動物及小魚等。牠不喜歡在島嶼附近活動，但會在熱帶區域的大陸性海灘上岸產卵。最近的人造衛星追蹤研究顯示，大西洋的革龜會在南美的圭亞那等地產卵後，洄游到

北美加拿大的 Nova Scotia 以北的海域去覓食。

#### 分布

革龜為一全球性分布的物種，牠的分布範圍從北緯 60 ~ 70 度到南緯 48 度之間海域皆有，是所有海龜中分布最為廣泛，且能潛水達最深的海龜種類（可潛至 1200 公尺下的深海中）。革龜偶爾會經過台灣的沿近海，但沒有上岸產卵紀錄。



革龜的全球分布範圍 (粉紅色區域)

#### 保育現況

革龜是目前所有海龜中數量最少的種類，雖然沒有捕殺的壓力，但因其大洋洄游的特性，使其活動範圍與公海漁場重疊性高，所以特別容易遭到漁具如拖網及延繩釣等的意外捕獲而死亡，牠也很容易將海上漂流的塑膠袋或垃圾，誤認為是水母而吞食、餓死，產卵地區的居民也會大量的挖掘龜卵來食用或出售牟利。這些問題加上不十分恰當的保育措施：如在馬來西亞，人們使用孵化器來拯救極少數的革龜族群，此舉固然可增加其孵化率，但因溫度過高及其他的問題，而造成下海的小海龜幾乎全為雌性，因而形成傳宗接代上無以為繼，終至滅絕。

由於革龜只要花上 30 年就會成熟，因此很容易受到人為的保育而復原，像大西洋的革龜，在美國及歐洲各國的努力下，族群數量已回升到可以降低保育等級的程度。而太平洋的革龜，其族群量卻因各國的保育政策不一，且周邊多為開發中國家，保育觀念尚未建立起來，所以革龜的族群仍然處於瀕危的程度。





## 肯氏龜 *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880)

英文名：Kemp's Ridley turtle

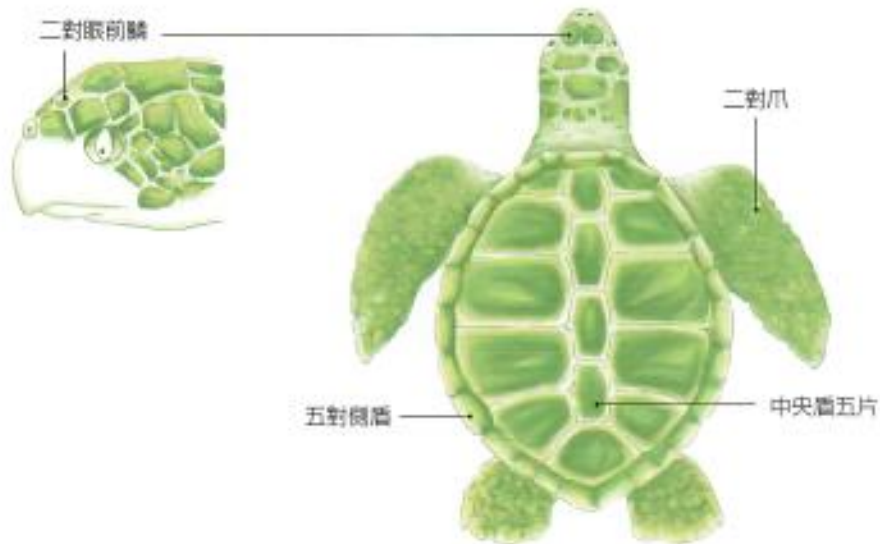
分類地位：龜鱉綱，無弓亞綱，龜鱉目，陸龜亞目，海龜科，麗龜屬動物

其英文名為 Kemp's Ridley turtle，無中文俗名。

### 體型特徵

肯氏龜的背甲接近圓形，體色為橄欖綠色，眼前之額前鱗片兩對，背甲具五對側盾，中央盾五片，在最後四對緣盾上各具一小圓孔，其功能不詳。體型比玳瑁龜要小。成熟的個體可達 59 ~ 73 公分背甲直線長，體重達 25 ~ 54 公斤。

肯氏龜和玳瑁龜十分類似，外觀上僅顏色不同罷了。然而，骨骼結構及遺傳分析卻顯示，牠們的祖先早在三、四百萬年前，因中南美洲陸脊隆起而分離。目前雖然在大西洋也可發現玳瑁龜，但相信是由太平洋的種群跨過南非好望角來的。



### 生態特性

雖然肯氏龜可在大西洋多處沿海發現，但多在墨西哥灣內活動，95%的母龜會在墨西哥東北部的翰秋內佛（Rancho Nuevo）產卵，剩下的5%則會在鄰近的偉拉克斯省（State of Veracruz）的沙灘上產卵。龜寶寶會居住在大洋中的漂流物下，亞成龜及成龜則會居住在沿近海地區。和禮蠃龜一樣，成熟的母龜會在白天集體上岸產卵，全世界第一次海龜在白天集體上岸產卵的紀錄，就是由一位墨西哥的攝影師於

1956年在翰秋內佛（Rancho Nuevo）沙灘上拍攝的，據估計在兩公里長的沙灘上，約有四萬頭母龜上岸產卵！然而，這部影片卻不知為何被封存起來，直到30年後才被世人發現。肯氏龜以近海的螃蟹為主食，也吃有殼的軟體動物如貝類及螺類，屬於蠃龜族的一員。

### 分布

肯氏龜為一地區性分布的物種，分布於北緯8度～60度，西經10～97度的海域間，台灣沿近海沒有牠的蹤跡。



肯氏龜的全球分布範圍（粉紅色區域）



### 保育現況

肯氏龜也是目前所有海龜中數量最少的種類之一。雖然墨西哥已將牠兩處主要產卵地列為保護區，並有專人負責管理，但殺龜及挖掘龜卵的事情仍然時有所聞。然而，肯氏龜族群減少最大的原因，是其近海的主要食物——螃蟹，與拖網漁民所捕撈的蝦子之活動範圍相重疊，而遭到意外捕獲死亡。近年來，美國大力推行在拖網上裝置海龜脫逃器（尤其是蝦拖網），以及進行移地孵化（將它處的龜卵移到已消失的沙灘上去孵化）的復育動作。後者因成效不彰而結束，前者因發揮了復育的功能，而使其族群又有回復的跡象。





## 平背龜 *Natator depressa* (Garman, 1880)

英文名：Flatback turtle

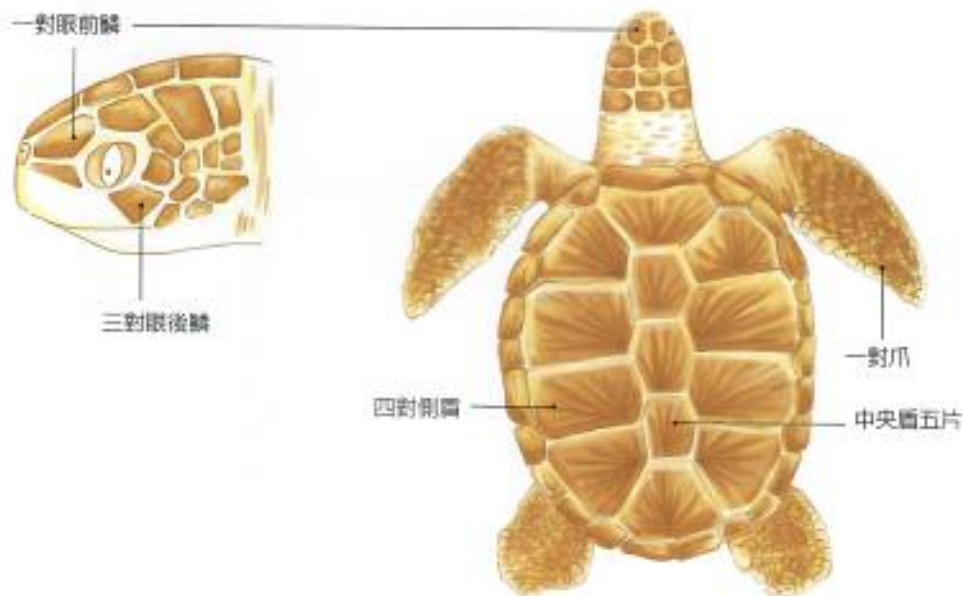
分類地位：鰐形綱，無弓亞綱，龜鱉目，陸龜亞目，海龜科，平背龜屬動物

其英文名為 flatback turtle，無中文俗名。最早，有人認為牠是綠蠵龜的近親，但近年來的基因及食性研究卻顯示，牠和綠蠵龜並不相近，而且由食性可知，平背龜是屬於蠵龜族的一員。

### 體型特徵

平背龜的體型呈橢圓形，背甲較扁平，邊緣上揚，因而得名為 flatback turtle。眼前之前額鱗片僅一對，每眼後之鱗片三片。背甲有四對側盾，中央盾五片，呈瓦片狀排列，不互相覆蓋之。

背甲十分薄。頭部及背甲呈灰橄欖色，腹甲為乳白色。與其他硬殼龜不同之處在於平背龜的背甲很薄，據說，連人類的指甲都可以刮破它。成熟的個體可達 76 ~ 96 公分背甲直線長，重達 70 公斤。





### 生態特性

小平背龜會在澳洲北部的紅樹林區域附近生活，成熟的個體則喜歡生活在混濁的近海水域中，以海參、水母、蝦子、軟體動物、水螅等無脊椎動物為食。

### 分布

平背龜為一地區性分布的物種，僅分布在澳洲，其範圍從南緯 8 度～25 度，東經 112 度～155 度之海域間，台灣沿近海沒有牠的蹤跡。



平背龜的全球分布範圍（粉紅色區域）

### 保育現況

目前除了澳洲的原住民外，並沒有任何捕殺海龜或是挖掘龜卵的現象，澳洲人也很重視環境保育，因此沒有族群瀕危的問題。但因其長相、生活史與綠蠵龜類似，因此國際保育組織也將牠列入保育類野生動物。

# 海龜 辨識特徵

殼為有彈性的革質外皮，並有5~7條縱向的脊狀隆起



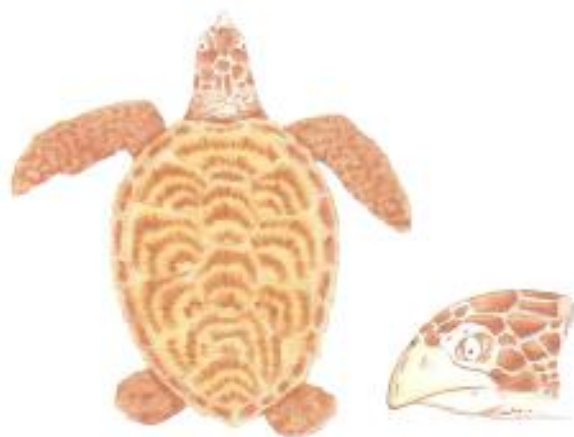
革龜

四對側盾板，體色為棕色或紅棕色



赤蠟龜

兩對眼前鱗



玳瑁



殼是堅硬的角質圖  
片與骨板所組成

五對側盾板，體色  
為橄欖綠色

六對（以上）  
側盾板



肯氏龜



玳瑁龜

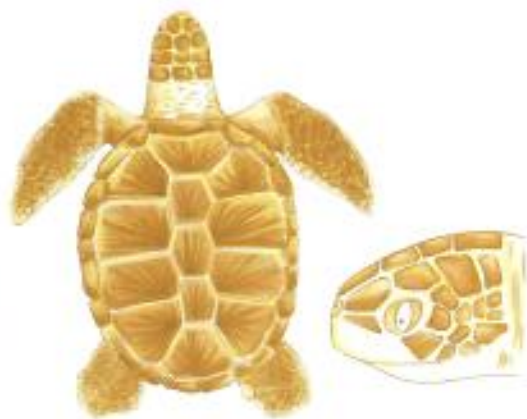
一對眼前鱗

四對眼後鱗片

三對眼後鱗片



綠海龜



平背龜

## 海龜的族群及演化

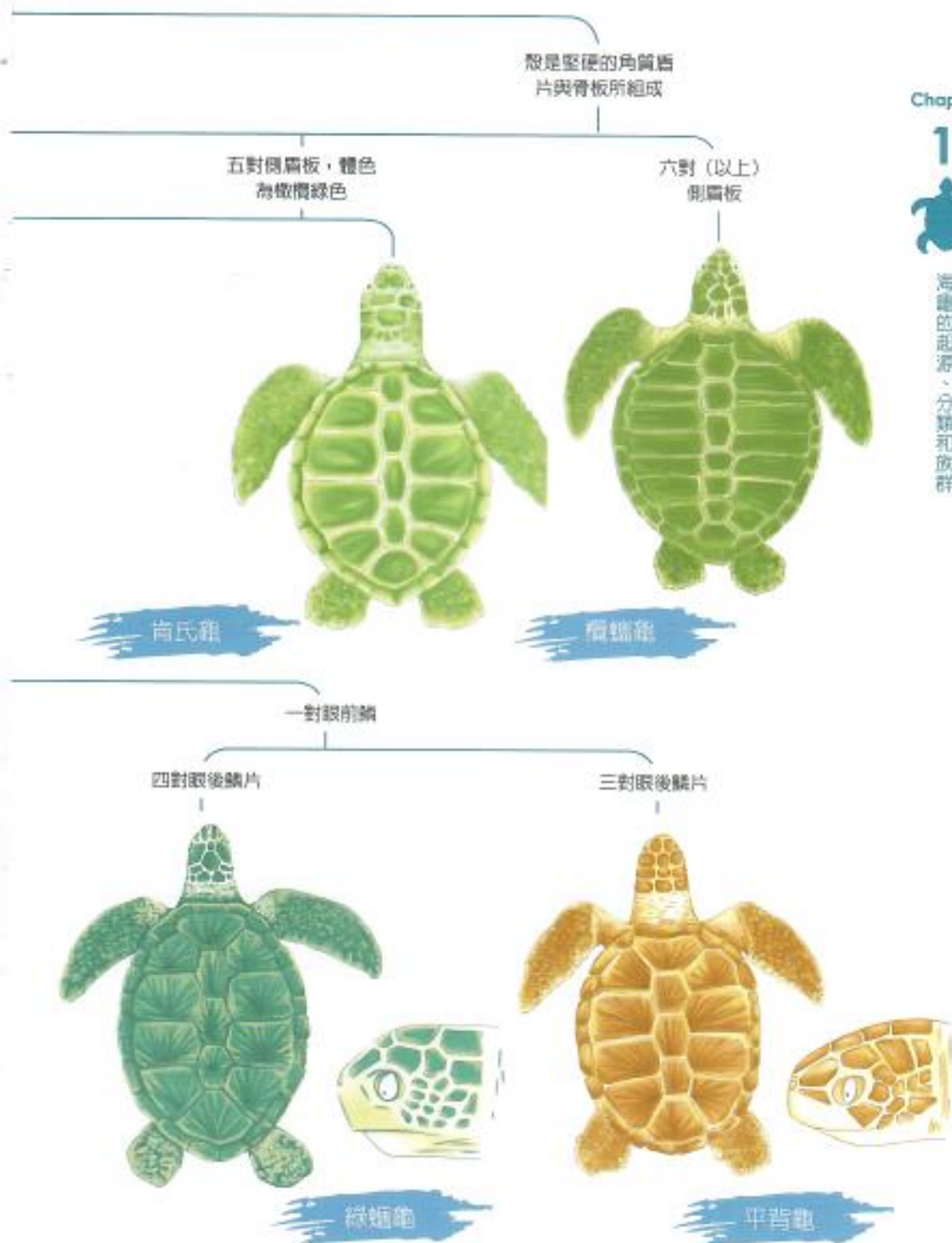
族群一般是指一群生活在一起，長得很像，並能繁衍後代的生物。有些物種的適應力很強，具全球性分布的特性，會跨越許多不同的環境。像是綠蠵龜雖然分布於全球南北緯 40 ~ 50 度的海域中，但生活在一個地區的海龜，很少會洄游到遙遠的地方去居住，即使是革龜也幾乎不會從一個大洋洄游到另一大洋去生活。因此，每種海龜的分布雖然都很廣，但卻分成許多地區性的群落，這些群落因互不往來，也不會交配產生下一代，久而久之就會形成許多獨立的「部落」，因為它的群落結構（如數量、基因組成等）比種來的小，因此一般用較小的單位像是族群（population），或是更小的群聚體（rookery）來表示。

由於海龜在地球上活了千萬年以上，因此會出現有的群聚體過於龐大，而產生一些個體遷徙到他處去建立新族群的現象（稱之為奠基者效應：founder effect）。此外，地球上約每四萬年就會出現一次冰河期，這種全球性的氣候變遷，會造成海洋環境的改變，部分的海龜棲地會因此而變得不適合居住，或是消失掉。這也會迫使海龜得另外找尋適當的棲地。

由於海龜族群的壽命和人類一樣，長達一億年以上，所以我們可以由各

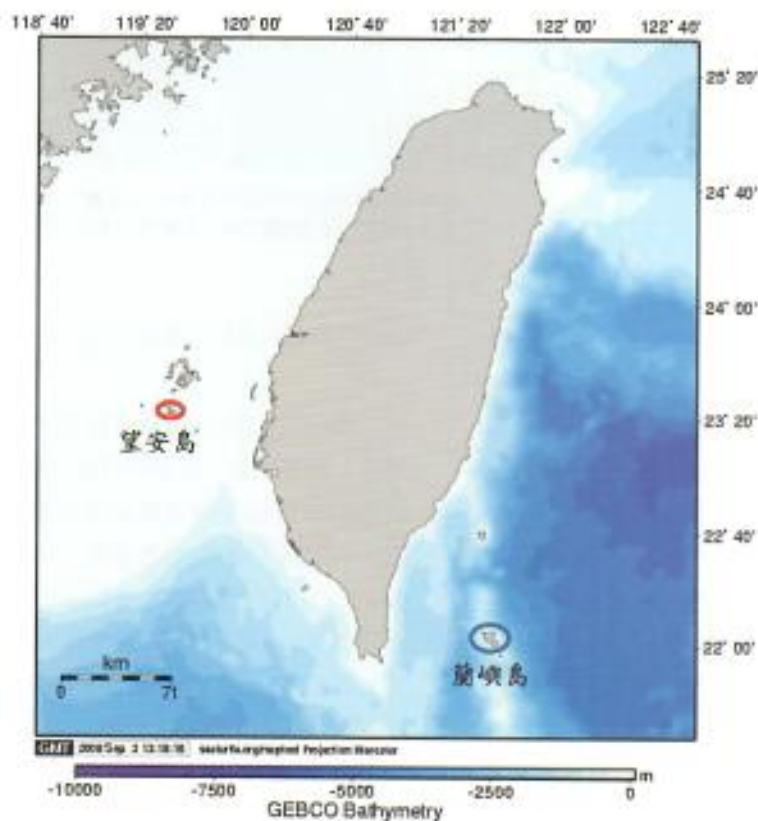
族群間相同的基因組（所謂的鹼基對：base pair）所占之比例，來找出兩群聚體間的親近程度。由於有些基因組屬於很古老的族群，所以我們可由這些資訊，加上全球環境變遷的資料（如冰河期和間冰期的時間及長短），和群聚體所在位置，找出目前的產卵群聚體源自何處，及牠可能的遷徙路徑及時間。

像在台灣，主要的產卵族群有澎湖縣的望安島及台東縣的蘭嶼島，在進行族群基因分析後發現，望安島的族群基因組合，與南琉球的產卵族群有許多重疊之處，因此推測是最近（幾萬年前）才從日本族群分出來的。而蘭嶼島的產卵族群，其族群基因則與日本及望安島的族群沒有任何重疊之處，但有一組基因卻和望安族群一樣，均源自大洋洲一個古老的族群。因此可以確定的是，雖然兩產卵族群均源自同一母族群，但望安島處於大陸棚上，冰河期間因海平面會降到陸棚之下，海龜因此必須另尋產卵地，所以會常常和其他的族群「交流」。而蘭嶼島因處於太平洋中，位於黑潮必經之路上，水因夠深，所以在冰河期間仍然是個島嶼，產卵母龜不必另外找新的產卵沙灘，因此一旦定居下來就不會「搬家」了，和其他產卵族群的「互動」也就不多，族群基因組成也較單純。由於母龜對產卵地的忠誠度很高，



即使是一個產卵地的海龜被消滅掉，附近產卵地的母龜也不會搬過來產卵。望安島及蘭嶼島的直線距離不到

150 公里，因此形成一種「遠親但不是近鄰」的特殊現象。



望安島位於大陸棚上，冰河期會有搬家的現象，而蘭嶼島位於大洋中，不受冰河期的影響。



望安島及蘭嶼島的母龜都是源自大洋洲一個古老的族群，紅色代表蘭嶼族群，而藍色代表望安族群。

然而，這些分法是以線粒體 DNA (mtDNA) 的差異作為依據，是談母龜間的差異。但公龜是個多情種子，當發情時，會和許多母龜交配，因此會將牠的基因散布到許多產卵族群中。譬如學者在 2013 年發現，地中海的公赤蠵龜於產卵季期間，會從塞浦路斯島一路南下，連續通過四個產卵族群，最後「定居」於利比亞的北部沿海。在這種情形下，族群基因的混合情形，就無法由原先的線粒體 DNA 來決定，而必須改用微衛星 (microsatellite) 的技術來分析，簡單的說這個方法是同時檢視公龜及母龜所提供的基因。這樣一來，我們就能從龜卵、死亡稚龜甚至是成龜的基因分析中得知

公龜的貢獻，或是「風流」的程度了！

像是最近的一項研究中發現，台灣有三個產卵地：澎湖縣的望安島、台東縣的蘭嶼島及屏東縣的琉球嶼，鄰近的南琉球群島也之西表島 (Iriomote Island) 及石垣島 (Ishigaki Island) 上，也有綠蠵龜上岸產卵，由線粒體 DNA 的分析是 5 個分開的產卵族群，但微衛星的分析卻顯示，這 5 個產卵族群間幾乎沒有差異存在。這個結果，讓原本設定好的族群定義完全改觀了，目前我們並沒有一個適當的新定義，來解決這個問題。





## 如何不去碰觸海龜就能評估海龜族群量——臉部辨識法

在野生動物的研究中，最常遇到的問題是：這裡到底有多少動物？這個答案不但能滿足一般民衆的好奇感，而且對政府而言，這項資料是政策制定的重要依據。

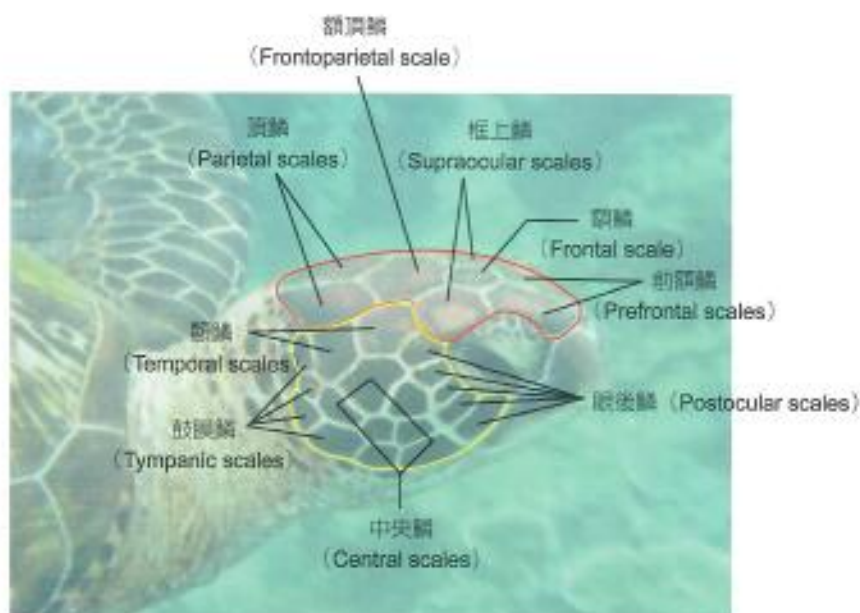
族群數量大小的計算法最好是數這裡有多少同一種動物，但和一般家禽家畜不一樣的是，野生動物不會乖乖地待在一個地方等你去算。讓問題變得複雜的是，所有的野生動物看過去都長得很像。因此，一般最常用的辨識法是將動物抓住，釘上識別標、注入晶片標，或是帶上項圈或腳環，等到下次再遇到或是捕捉時，查看標號就知道是誰了，這種方法在生態上叫做「捕捉-標記-再捕捉 (capture-mark-recapture)」法，它雖然方便且可靠，但最大的缺點是在捕捉及上標時，不但有可能會傷到動物，且不當的處置時甚至會造成死亡，再加上一些大型的野生動物，像是鯨魚、獅子等，有些攻擊性很強，有的其過大的體型容易造成人類傷亡，因此一些不須碰觸動物的個體辨識法，便隨著紀錄影像之清晰度的增加而問世，我們稱為「個體影像辨識法 (photo-identification (photo-ID) method)」。

這種經由影像來判定個體的方法，是將身體上一些不會隨著長大而產生變化的形態特徵用影像記錄下來，就像個天生的「身分證」一樣，這些穩定的形質，除非遭到永久性的傷害或破損、變形外，我們便可在不必接觸動物的情形下，合理的估算出族群數量。用照相來判斷個體的方法，雖然好用且安全，但影像的清晰度，卻是決定照片是否可用的重要因素，且每次拍攝時，出現在眼前的動物數量都不一樣，我們也無法確定是否記錄到所有的動物，因此所得到的族群量會出現最大及最小值。這個問題在海洋中更為明顯，因為海水會出現波浪而扭曲形象，水中有時因雜質多而變得混濁，拍攝的角度不同，形狀就會不一樣，加上海水會動使得拍攝者無法「站穩」，人接近動物所產生的水流，也會使動物產生預警等。

在海龜身上唯一可作為個體辨識的穩定形質是臉部鱗片，這些鱗片的大小、形狀及排列方式是屬於穩定形質，可以做為個體辨識的依據，我們在取到海龜頭部的清晰照片後，就可以依鱗片的特徵，確定為不同的個體。在辨識上，我們會取左臉及右臉的眼後鱗片照片，再依鱗片的大小、

數量及排列方式加以判斷。同時，為了能快速的辨識不同的海龜，這個辨識法是採用魚類的分類法，也就是先從最容易分辨的特徵，如公的尾巴很長，或是有斷肢，背甲殘缺等著手，再進一步依

鱗片距眼睛的距離，由近而遠的依照鱗片數量、大小及是否有不完整或是夾有小鱗片等的特性加以區別，這樣就能在不到 5 分鐘完成個體的辨識。



海龜個體辨識所用的側臉鱗片圖解



屏東縣琉球鄉為一位於台灣西南部海域中唯一的珊瑚礁島嶼。這個島上除了夏天有海龜會上岸產卵外，近海中終年可以看到悠遊的海龜，因此成為島上最大的觀光特色，在這種情形下，如何正確的估算海龜數量，不僅在學術上有其價值，對旅遊業者而言，更是吸引遊客的重要賣點。然而，遊客幾乎天天都會下水賞龜，因此使用個體影像辨識法，便可以在遊客觀賞海龜的同時，進行個體之辨識。在 2011 ~ 2014 年的調查中發現，只有不到 3% 的海龜是左、右

臉長的完全一樣，而近七成的海龜，左、右臉長的非常不同！在這種情形下，我們必須依照左臉、右臉及雙臉所得到的海龜數量進行族群量評估，最後的答案是最少 106 頭海龜，而最多是 142 頭。我們也發現這些海龜中有 5% ~ 6% 是公龜。此外，在環島十個調查點中發現，小琉球的海龜主要集中於島嶼北側的美人洞島花瓶岩間之海域，部分的海龜會每天或依季節更迭，由一塊海域遷徙到另一塊海域去，有的甚至可能會遷出及遷入小琉球海域。



海龜的左、右臉鱗片排列會非常不一樣

## Sea Turtle not in Summer



利用臉部辨識法，加上地理資訊系統的整理，我們就能找出小琉球周邊海域中，海龜在夏季聚集的地區



這個技術能讓我們在最自然的情況下，進行族群變動 (population dynamics) 研究：包括族群數量、移出及新個體的加入量、季節遷徙等，若加上雷射定距儀，或是比例尺的遠距離估算法，我們便可估算出海龜體型的大小，而算出留在該海域的海龜體長分布。族群變動的情形，便可在長年的研究中，獲得適當解決。

Photo-ID 辨識法，在 2000 年就開始應用於非入侵性的族群數量之判斷上，2008 年起，英國學者將這個技術應用於海龜族群上，現在則變成全球一個新興的議題。它的缺點是個體辨識的正確性，取決於相片的解析度、海況及人與龜的相對位置。它的優點是：這個方法簡單又快速，因此很容易學習，我們可以和潛水人員合作，一方面請他們幫忙收集照片，另一方面也教導他們正確的水下賞龜及生態旅遊活動，達到觀光和保育雙贏的目的。

近年來，隨著電腦分析能力增強，一些類似 Access 配合統計分析的軟體問世。他們強調的是，傳統用肉眼的辨識法太耗時，而且主觀性太強，有可能會誤判，因此主張利用電腦的客觀性及處理大量數據的特性，來解決這些問題。他們的作法是將臉部鱗片的各種量測資料輸入電

腦，或是輸入照片檔後，利用電腦的快速分析能力，在短時間內，加以分類及進行統計分析。這個做法的確能快速處理大量的照片，但前面所提到的影像清晰問題依然存在，且電腦不是人腦，它只是按照你的指令去做動作，完全不會判定所收集到的數據，是否真正為我們所需要的，這就是美國人常說的「Garbage in and garbage out」。此外，當照片清晰度不夠時，肉眼可以做正確的判斷，電腦卻會判讀為無效的照片。最近有人將肉眼辨識與電腦辨識的結果加以比較，結果發現肉眼辨識的速度雖慢，但正確率較高。因此，我們要問的是，科學家需要一種速度快但失誤率較高的方法，還是速度慢但出錯率低的方法？

## 海龜的雜交種

一般而言，物種雜交會因主要維持生理機能的公母個體之兩組蛋白質系統無法相容而產生互斥的現象，這會造成子代發育不全，生理功能異常，甚至會夭折。所以在過去認為雜交的存活率不高，即使活下來，也會像驢和馬交配後產生的騾一樣，是無法生育的。然而，海龜卻能產生健康的雜交種，不但能長大，而且還能傳宗接代！這種雜交種在過去，因攝影的技術不發達，所獲得的影像不多，也不太受人重視。近年來，雜交的證據越來越多，也引起廣泛的討

論。大家好奇的是，為何雜交的海龜能活得下來？答案是海龜族群的壽命長達一億年以上，所以演化的速度非常地緩慢，因此即使已經演化出七種海龜，除了革龜比其他六種海龜早了五千萬到六千萬年外，其餘海龜的基因相似度非常高，因此相容性也很高，雜交的後代就能健康的活下來。這就和人類一樣，因族群的演化速度非常的慢，就算分成了黑種人、白種人、黃種人等，但依然能結婚生子，也能產下像美國總統歐巴馬這種優異的混血兒！





這個技術能讓我們在最自然的情況下，進行族群變動（opulation dyanmics）研究：包括族群數量、移出及新個體的加入量、季節遷徙等，若加上雷射定距儀，或是比例尺的遠距離估算法，我們便可估算出海龜體型的大小，而算出留在該海域的海龜體長分布。族群變動的情形，便可在長年的研究中，獲得適當解決。

Phoo-ID 辨識法，在 2000 年就開始應用於非入侵性的族群數量之判斷上，2008 年起，英國學者將這個技術應用於海龜族群上，現在則變成全球一個新興的議題。它的缺點是個體辨識的正確性，取決於相片的解析度、海況及人與龜的相對位置。它的優點是：這個方法簡單又快速，因此很容易學習，我們可以和潛水人員合作，一方面請他們幫忙收集照片，另一方面也教導他們正確的水下賞龜及生態旅遊活動，達到觀光和保育雙贏的目的。

近年來，隨著電腦分析能力增強，一些類似 Access 配合統計分析的軟體問世。他們強調的是，傳統用肉眼的辨識法太耗時，而且主觀性太強，有可能會誤判，因此主張利用電腦的客觀性及處理大量數據的特性，來解決這些問題。他們的作法是將臉部鱗片的各種量測資料輸入電

腦，或是輸入照片檔後，利用電腦的快速分析能力，在短時間內，加以分類及進行統計分析。這個做法的確能快速處理大量的照片，但前面所提到的影像清晰問題依然存在，且電腦不是人腦，它只是按照你的指令去做動作，完全不會判定所收集到的數據，是否真正為我們所需要的，這就是美國人常說的「Garbage in and garbage out」。此外，當照片清晰度不夠時，肉眼可以做正確的判斷，電腦卻會判讀為無效的照片。最近有人將肉眼辨識與電腦辨識的結果加以比較，結果發現人眼辨識的速度雖慢，但正確率較高。因此，我們要問的是，科學家需要一種速度快但失誤率較高的方法，還是速度慢但出錯率低的方法？



## 海龜族群的管理

雖然海龜對其產卵地的忠誠度很高，但不同的產卵族群會聚集在同一海域覓食，其後代也可能會在同一海域成長，所以我們會將在同一區域活動的海龜，通常包括一個以上的產卵族群，當成一個單位來經營管理，這在保育學上，稱為一個「保育單位：conservation unit」。這個「單位」的大小，通常依我們對海龜活動範圍的瞭解而定，像是美國佛羅里達州，就將在當地活動的赤蠟龜，依其產卵地分布、族群基因組成及活動範圍（由人造衛星追蹤的結果得知），分成大

西洋北部、大西洋南部及墨西哥灣等三個管理單位。而在台灣的綠蠟龜，主要的產卵地為澎湖縣的望安島、屏東縣的琉球嶼及台東縣的蘭嶼島，經由族群基因分析、人造衛星追蹤、產卵及覓食環境分析後發現，雖然三地的產卵環境會不一樣，但望安島及琉球嶼太近，加上望安和蘭嶼產卵母龜的產卵行為、出生小海龜的大小及母龜產後回到覓食地的路徑和覓食地所在等都不一樣等資料判斷，台灣可分成望安及蘭嶼兩大海龜保育單位。



圖例表示台灣的三個產卵島嶼和日本兩個產卵島嶼距離都不遠，公龜因此容易和這三個產卵地的母龜交配。



# CHAPTER 2

## 綠蠓龜的 生殖生態

本章介紹台灣綠蠓龜的出生地、成龜的交配、母龜上岸產卵的行為、產卵地的選擇、小龜的轉化情形、性別比的決定、臺灣寶下海的機制及水對光害的影響。





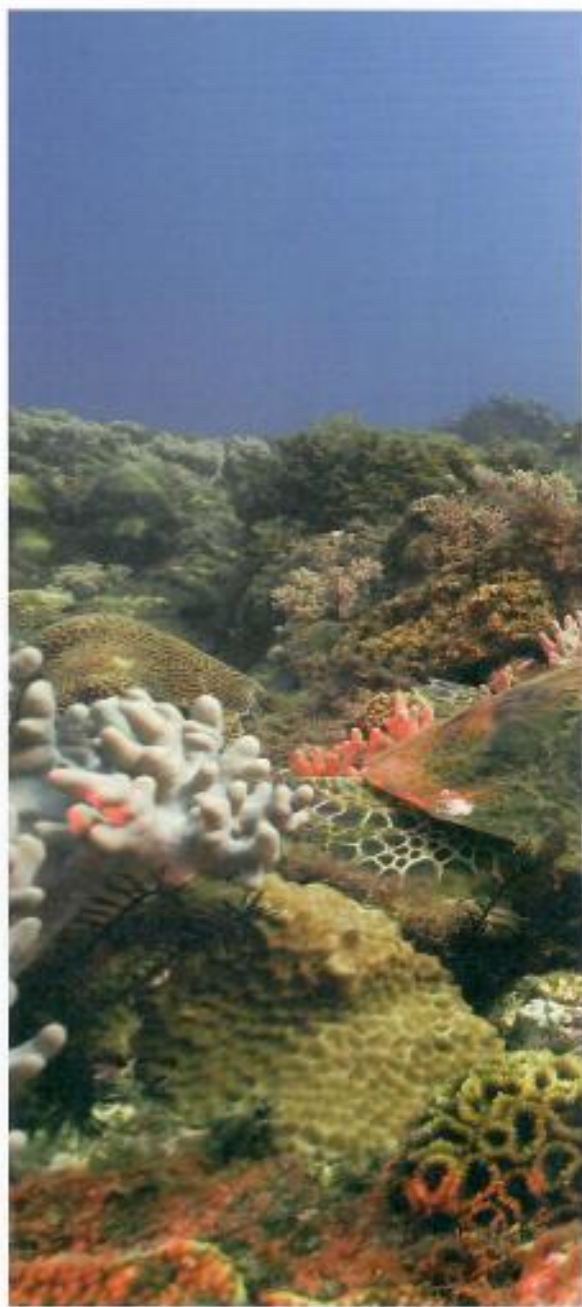
# SEATURTLES

## 台灣的綠蠵龜

海龜是海洋中的爬蟲類動物，其一生大部分的時間都在海中度過，但因在演化過程中，仍然保留了部分祖先——淡水龜的生活方式，所以會回到沙灘上去產卵，這形成了牠非常特別的生活方式。

海龜是屬於「資源驅動：resource driven」類動物，也就是說海龜在獲取足夠的資源後，才會進行大範圍的活動，如洄游等行爲。在這種情形下，母龜通常會在前一年於覓食海域飽餐一頓，有點過肥之後，才會於次年啓動激情素而進行生殖洄游。這主要的理由是，母龜會產下龜卵，而每個龜卵都有可能孵化出一頭稚龜，這代表若小海龜能長大，族群數量就會增加，因此母龜的體型要比公龜來的大，才能產生最大量的龜卵，所以牠必須在前一年攝取足夠多的能量，才能在次年的產卵季中，產下最多的龜卵。

由於每頭母龜每年的身體狀況及所棲息的環境都可能會不同，因此要胖到足夠啓動產卵洄游機制的時間也差異很大。此外，演化學的推論也發現，會進行長距離洄游（如超過數百到數千公里以上）的物種，因無法預測其產卵地是否會產生變化，而在洄游過程中，所需花費的能量及被捕殺的風險不變時，

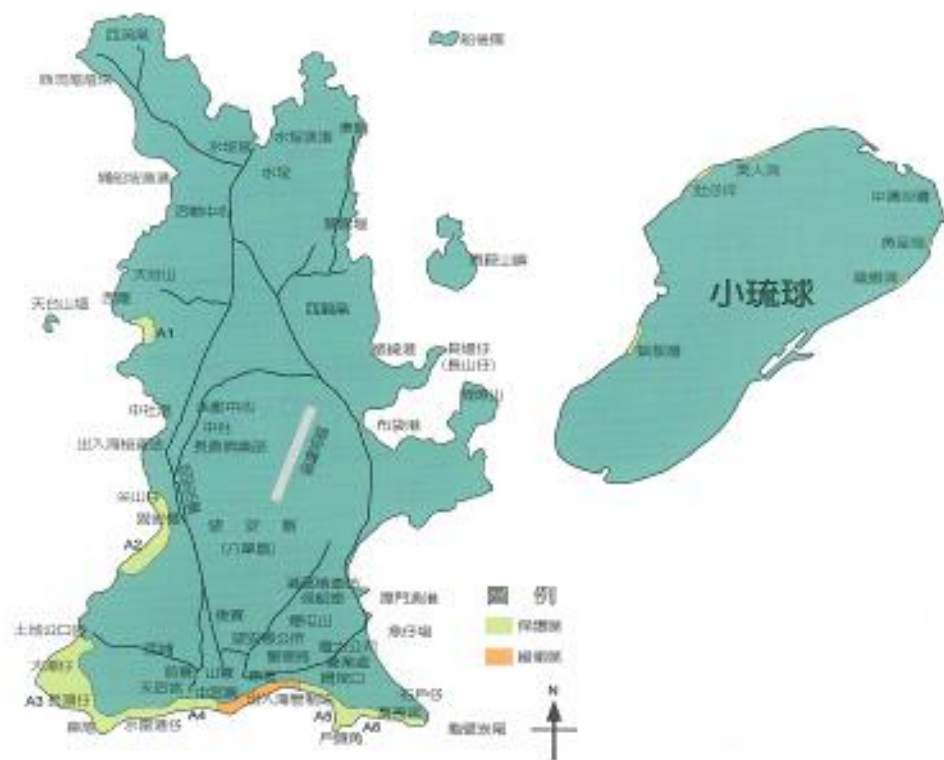




最好的生存策略是不定期的進行產卵洄游，以集中能量增加下一代的數量，及減少固定的開銷，因此母龜會每隔2~9年，平均為4~5年，返回出生地去產卵一次，上岸產卵母龜的數量，每年變異也很大，通常會超過200~300%。

公龜因僅提供精子，每個精子所占的空間及所需要的資源都很少，加上大部分的精子都無法使卵子受孕產生後代，因此公龜不必儲藏大量的能量，就能進行生殖行為。一般而言，公龜每年或是每隔一年就會進行一次生殖洄游。





## 成龜的交配

海龜成熟後，便會返回其出生地去繁衍下一代，發情的母龜除了體型變大之外，沒有太多改變，而公龜除了尾巴變長外，腹甲也會變軟，前鰭狀肢的爪子也會變長，以利於交配時固定在母龜的背甲上。產卵季開始後，海龜會回到出生地去繁衍下一代。公龜和母龜的交配行為不一樣，由於海龜是卵生類動物，所以沒有哺乳動物的群社行為，因此在發情後，公龜會找尋任何覺得合適的「對

象」交配；除了母龜外，公龜也會試著對潛水員、氣瓶等進行嘗試！在這種情形下，一頭公龜會和多頭母龜進行交配，公龜間因爭風吃醋而打架互咬的情形也十分常見。有的母龜則會因公龜的行為過於粗暴而有避開的動作，否則會危及牠的生命安全，以往就曾發生過許多公龜堆疊在母龜背甲上試著進行交配，導致母龜無法浮上水面換氣，而窒息死亡的情形。



公母龜交配圖



此外，公龜因為多情種子，所以會和許多母龜交配，根據龜卵的基因研究得知，同一窩龜卵中會含 1~5 個爸爸的基因，平均為 2~3 個。更甚者，公龜發情後便會開始試著與母龜交配，所以牠會從覓食海域就開始這種行為，一直到精子用盡為止。由於許多產卵族群會在同一海域覓食，公龜這種行為便會將基因散布給其他族群，在這種情形下，雖然公龜和母龜均會回到出生地去交配繁衍下一代，但不會有近親交配的問題。

在澎湖縣望安島附近的海域，每年二~四月間，成熟的公、母龜就會在此進行交配。母龜在交配後，會將精子儲存於體內，以備精卵結合之用。交配期結束後，母龜會等水溫合適後上岸產卵，而公龜則直接返回其覓食的海域，或是在附近逗留，直到產卵季結束後，才返回其覓食海域。由於海龜是外溫爬蟲類動物，其生理活動會受周圍的水溫所影響，因此要等到水溫夠高時（高過攝氏 24 度以上）才會上岸產卵。

在澎湖縣的望安島，產卵季是從每年的五、六月到十月中旬或是下旬，屏東縣琉球嶼的產卵季和望安島

差不多，但因產卵族群量較少；一~七頭，所以產卵季會較短。而另一產卵地——台東縣的蘭嶼島，它雖然是熱帶雨林型島嶼，終年都有綠蠵龜上岸產卵紀錄，但產卵季主要集中在六月初到九月中旬水溫較高的時間。在南沙群島的太平島上，因地屬赤道帶附近，水溫很高，終年都會有綠蠵龜上岸產卵！



成熟的母綠蠵龜（上）與公綠蠵龜（下），  
（台中瀟水協會提供）



## 上岸產卵

母龜雖然是海中的游泳高手，但在陸地上，因為沒有可供快速移動的腳，只有兩對鰭狀肢，身軀又很笨重（體重在百公斤以上），只能慢慢地爬行，自身又沒有防禦能力，因此在沙灘上很容易受到天敵的攻擊，所以通常會選擇在夏天的夜晚於人煙稀少的沙灘上岸產卵。然而，因為怕受到干擾，母龜多會選擇進出不易的沙灘上岸。當牠的棲地遭到破壞或改變時，便會放棄這塊棲地，重新找尋新的居所。另外，有5%的母龜也會在沒有任何干擾的情形下，因無法解釋的理由，而選擇在不同的島嶼產卵。



上岸後在沙灘爬行尋找產卵地的母龜

母龜在上岸前，會在水邊先觀察一陣子。此時，牠十分敏感，任何大型的生物在附近活動，如人類的走近或是動物，即使是一隻螃蟹，都有可能使牠心生畏懼而放棄其產卵行為。在確定沒有可能的天敵威脅後，母龜才會爬出水面，在沙灘上找尋合適的產卵地。

所有海龜的產卵行為均大同小異：牠們在爬行約20~30分鐘，於沙灘後方長草之處，找尋可能的產卵地之後，會先用前肢以拋沙的方式挖出一個深約20~30公分深的體洞，俗稱為「大洞」。母龜這麼做是為了清除卵窩附近的雜草及雜物的「整地」行為。這個動作至少需10~30分鐘才會完成。等到體洞挖好之後，母龜便會利用牠的後肢挖出一個約70公分深，寬約20~30公分變形的產卵洞（俗稱為「小洞」）。在澎湖縣的望安島上，平均卵窩深度介於62~73公分深，而在台東縣的蘭嶼島上，平均卵窩深度則介於67~81公分深，琉球嶼則介於60~75公分之間。此時母龜的警覺性仍然很高，任何形式的干擾，都會使牠立即放棄產卵行為而返回大海。



正在挖體洞的母龜



母龜在挖洞時也可能因沙灘太乾，以致於產卵洞容易崩塌，或是沙灘中含有硬物如礫石、塑膠物品等的阻隔，或是沙不夠厚，而放棄挖掘的行為。有時母龜也會在沒有任何理由的情形下，停止挖掘產卵洞而離去，這會使沙灘上留下像炸彈坑般大的體洞。在沒有人為干擾的情形下，母龜通常會在沙灘上爬行一段時間，繼續找尋新的產卵地，或是短暫的下海後再度回到沙灘上，繼續找尋合適的產卵地。在望安島上，曾經發生過一頭母龜，在沙灘上花了整晚時間挖掘36個體洞而不產卵的情形，直到第二天晚上才上岸完成產卵大事。

在蘭嶼島上，我們也發現母龜曾經沿著沙灘末端的乾溝一直爬到環島公路的橋下，或沿著防波堤邊的水泥步道爬行一段後，因找不到合適的產卵地而折返，並在沙灘挖了數個體洞後，又爬回大海！但若海龜遭到人為的騷擾而下海的話，牠會遲上至少一天才再度上岸產卵，在嚴重的情形下，甚至可能到其他的沙灘或是鄰近的島嶼去產卵！屆時，人類可能因一時的過度好奇而將母龜「趕走」。



正在挖產卵洞的母龜

母龜至少約需 20 ~ 60 分鐘來構築壘形的產卵洞，此時海龜的敏感度仍高，易受干擾而放棄其產卵行為。待產卵洞挖好之後，母龜便會花上 10 ~ 15 分鐘的時間產下約 100 粒如乒乓球大小，具有皮質外殼的龜卵。此時，母龜可能因體內賀爾蒙的改變而進入半睡眠狀態，但對於過多干擾如撫摸及拍打龜背、使

用照明器材攝影、乘騎海龜等不當的行為等，都會使母龜突然覺醒，終止產卵行為而返回大海。在這種情形下，母龜何時會再回來產卵，則是未知數！



母龜產下如乒乓球大小般的龜卵



產完卵後，母龜用後肢將產卵洞覆蓋起來。



母龜在挖洞時也可能因沙灘太乾，以致於產卵洞容易崩塌，或是沙灘中含有硬物如礫石、塑膠物品等的阻隔，或是沙不夠厚，而放棄挖掘的行為，有時母龜也會在沒有任何理由的情形下，停止挖掘產卵洞而離去，這會使沙灘上留下像炸彈坑般大的體洞。在沒有人為干擾的情形下，母龜通常會在沙灘上爬行一段時間，繼續找尋新的產卵地，或是短暫的下海後再度回到沙灘上，繼續找尋合適的產卵地。在望安島上，曾經發生過一頭母龜，在沙灘上花了整晚時間挖掘36個體洞而不產卵的情形，直到第二天晚上才上岸完成產卵大事。

在蘭嶼島上，我們也發現母龜曾經沿著沙灘末端的乾溝一直爬到環島公路的橋下，或沿著防波堤邊的水泥步道爬行一段後，因找不到合適的產卵地而折返，並在沙灘挖了數個體洞後，又爬回大海！但若海龜遭受人為的騷擾而下海的話，牠會遲上至少一天才再度上岸產卵，在嚴重的情形下，甚至可能到其他的沙灘或是鄰近的島嶼去產卵！屆時，人類可能因一時的過度好奇而將母龜「趕走」。



正在挖產卵洞的母龜



母龜在產完卵後，會花上約5~10分鐘的時間，用後肢覆沙將產卵洞掩埋起來。不同海龜的覆沙行為會略有不同，像是綠蠟龜將沙覆上後就算是交差了事，而赤蠟龜則在覆沙後還會用後肢壓一壓產卵洞。之後，母龜又會花上約1~2小時的時間，用前肢以拋沙的方式，一面繼續覆沙

一面向前爬行，形成一個長斜橢圓形的覆蓋沙土。此期間，母龜會因逐漸醒覺而恢復其原有的敏感度。母龜產後的覆沙行為，是在確定卵窩上覆蓋了足夠深的沙子，這樣一來，龜卵才能在溫度及濕度都很穩定的環境中孵化。母龜在做完這些動作後，便會拖著疲憊的身軀，筆直的爬回大海。



產卵洞覆蓋完畢後，母龜用前肢以拋沙的方式，一面向前爬一面堆高卵窩上方的沙子。



母龜結束拋沙的行為，爬出卵窩準備離去。



爬下沙灘，準備返回大海的母龜。

和進行長距離遷徙的動物一樣，許多海龜在整個產卵期間，是不吃東西的。因此母龜在進行產卵洄游前，先吃飽不是沒有道理的。此外，不同的母龜在同一季中兩次上岸產卵的時間差距會不一樣：短則9~10天，長則16~18天，平均在望安島約為兩週，在蘭嶼島則約為10~11天，在琉球嶼約為11~13天。在這段時間裡，母龜會在海中休息，或是找尋食物以補充能量，等到卵子成熟、排卵並與精子結合後，才會再次上岸產卵。



在台灣，每個島的周圍海洋環境和水深不同，各島的母龜在兩次產卵間之活動方式均有些不同，像是望安島及琉球嶼的水淺，島的四周都是珊瑚礁，母龜會在海底休息或是覓食，以補充產卵所耗損的能量。而蘭嶼島的水很深，母龜不可能潛到海底休息或找食物吃，牠就會待在浮力和沉降力平衡的海中（稱之為中性浮力：在綠蠵龜約19米左右）休息，有時也會漂浮在水面上，以節省能量的消耗，或是曬太陽。但各島的產卵母龜，均有一些相同的行為，就是母龜多會待在產卵地附近的海域活動，且於下次產卵的前幾天，會在上岸沙灘附近的水中徘徊，找尋上岸地點。



下海的母龜



沙灘上留下的母龜爬痕

## 產卵地的選擇

根據調查顯示，在台東縣的蘭嶼島、屏東縣的琉球嶼及南沙群島的太平島上，因沙灘短小且大多平坦，母龜都會選擇在樹權下或是附近產卵。

而在望安島產下的卵窩多分布於沙草交界區，其次是草地上，少有產在開闊的沙灘上。這種現象可能與在沙草交界區有草根能穩定沙層，使卵窩較易挖成有關。而在開闊的沙灘上，因沙子中的含水量低，使卵窩在挖掘中較易崩塌，而挖不成卵窩。

在蘭嶼島上，卵窩多會集中於植被較少及樹蔭較多，也就是沙溫較低的地區。因此，如要有效保護產卵的綠蠵龜，除了不可騷擾母龜外，應儘量保存沙灘的原始風貌，不要將草地除掉，也不要產卵的沙灘上或是緊鄰著沙灘蓋永久性的建築物如衛浴設備等，這都會造成沙灘及產卵地的流失。

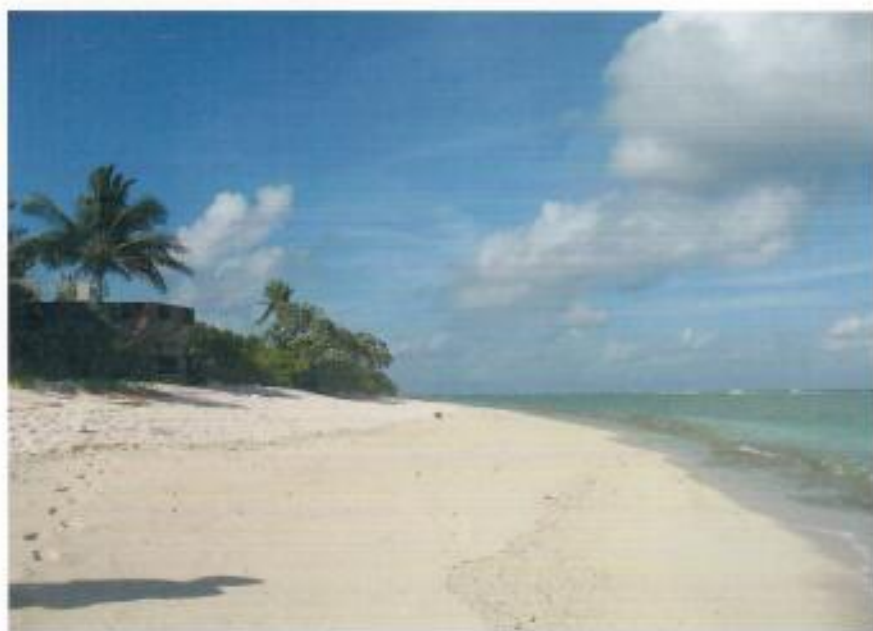


東沙島上的海龜產卵沙灘

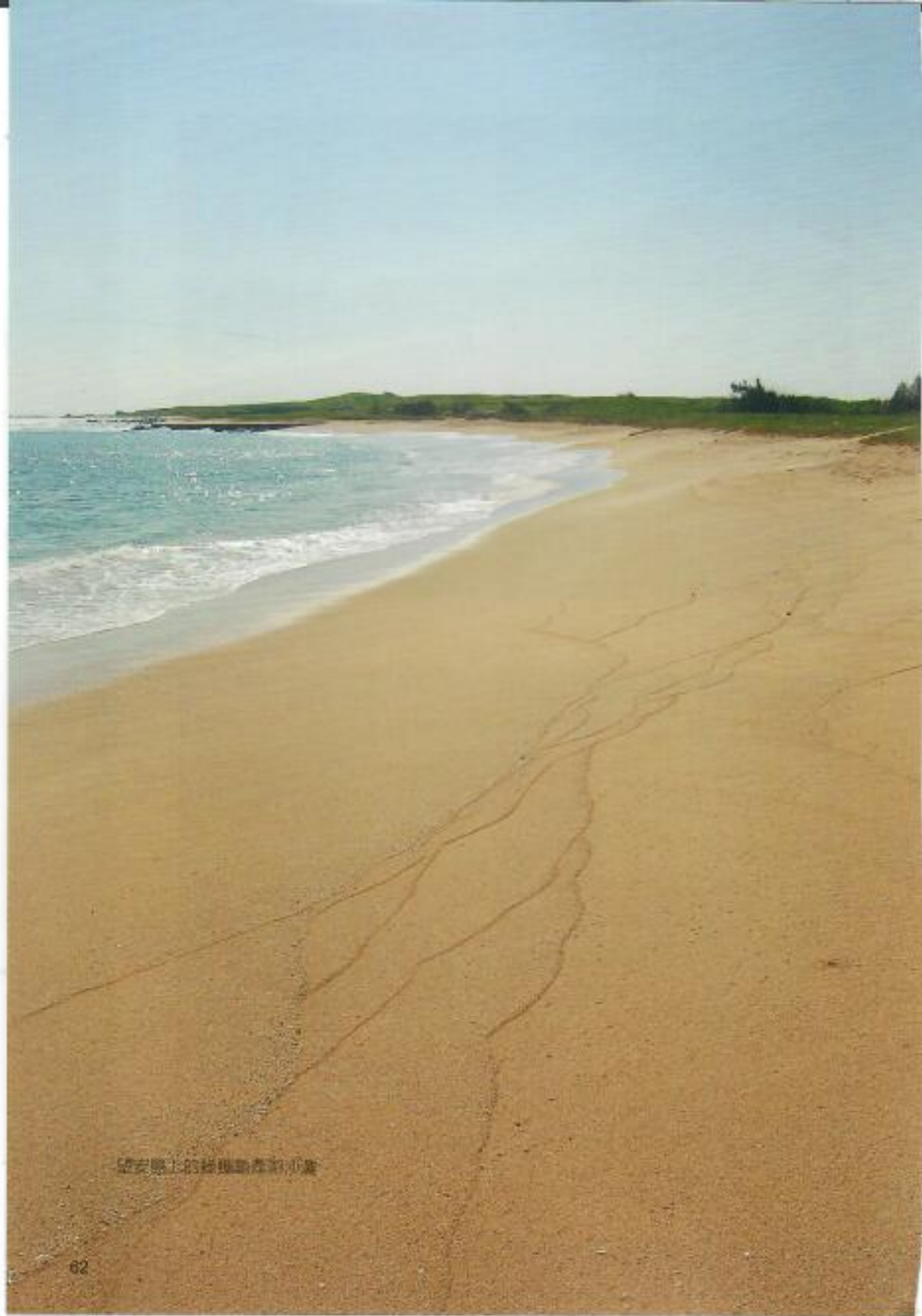




蘭嶼島上的綠蠓龜產卵沙灘



南沙太平島上的海龜產卵沙灘



望安島上的綠蠶島灘的清晨



## 小海龜的孵化過程

### 器官形成期

海龜的龜卵孵化可分為三個階段，第一階段為「器官形成期」，一些重要的器官如心臟、神經、體節等會在此時形成。由於不是大量的增加細胞數量或是細胞的增長，所需的新陳代謝量不多，胚胎的發育多與氣溫及降雨量有關。

龜卵的外皮與雞蛋、鳥蛋不同之處在於：龜卵外皮所含的碳量較高而鈣量較低，所以海龜的龜卵是絲質多孔的卵皮，而鳥蛋與雞蛋的外皮則是含鈣量較高、堅硬且不具有與外界聯繫之蛋孔的蛋殼。這個差別是因為

龜卵產在潮濕且溫度變化不大的沙灘中，因此龜卵在孵化過程中，會與沙層中的水分及氣體如氧氣與二氧化碳交換。而鳥蛋與雞蛋則是在乾燥的環境中孵化，因此胚胎須與外界隔離，才不會因水分喪失而導致孵化失敗。不過就是因其卵皮多孔，所以龜卵的孵化成功與否及會產生多少畸形的小海龜，就與沙層中的溫度、含水量、氣體通透度十分有關。

當龜卵孵化到前三分之一期（也就是孵化至第三到五週時），胚胎的性器官會形成，此時，周圍環境的沙溫會決定其性別。



並非所有小海龜都可以順利出生，左側兩顆卵已壞死。

## 海龜的性別決定

在有性生殖的世界裡，除了孤雌生殖（即由未受精卵發育成有性別的個體）、雌雄同體及性轉換（即在一生中，小時的性別和長大後是不一樣）外，公母的性別是分開的。有的在精卵結合時就知道性別的，這叫做「基因決定性別」，就像人類一樣。有的是由環境因子如 pH 值等決定的，這叫做「環境決定性別」，在各種環境因子中，以溫度的影響最為顯著，這是因為所有的生理活動都和溫度有關，所以又稱為「溫度決定性別」，海龜的精卵結合時是沒有性別的，待性器官發育時，才由卵窩的沙溫決定性別。

從演化學的角度來看，地球平均每四萬年會出現一次冰河期，而海龜存在地球上已超過 2 億年，因此牠經歷過非常多次地球氣候的劇變。由於海龜的族群量（即數目的多少）決定於母龜能產生多少卵子數，而非精子數，因此高溫會產生體型較大的母龜，並能產下較多的卵子。

在自然界中，高溫代表著氣候好，海洋的生產力旺盛，食物就豐盛，同時動物也會長得較快。因此孵化時的溫度高，自然就會產生母龜，這會增加海龜族群的數量，並使海龜在物競天擇的競爭中，較不會被淘汰，而低溫度時就只會產生公龜。由於自然界中的氣候變化很大，最好的生存策略是剛受精時不要

有性別，等到性器官發育時再決定，這樣就能達到最佳適應氣候變化之策略。

根據研究顯示，當沙溫低於 28°C 時，綠蠟龜的胚胎會孵化出公的海龜，而沙溫高於 32°C 時，胚胎會孵化出母的海龜，在這兩個溫度之間，會孵化出公母均有的海龜。由於海龜孵化到此時才會決定其性別，因此，此段時間也叫「性別決定期」或是「溫度敏感期」，而產生雌雄各半的溫度稱之為「中樞溫度」，這段影響性別甚鉅的溫度範圍則稱為「過渡性的溫度範圍」。雖說性別決定之溫度會隨著海龜種類、地點及季節而有所不同，但一般而言，海龜的中樞溫度均在 29°C 左右。在澎湖縣的望安島上，由於產卵季的卵窩沙溫較高，其平均溫度約為 32°C，因此有超過八成的稚龜會孵化為雌性，而在台東縣的蘭嶼島上，因產卵季的卵窩沙溫較低，其平均溫度約為 30°C，因此有三成二的稚龜會孵化成雌性，而琉球嶼因氣候和望安類似，孵出的稚龜幾乎全數為母龜。

## 器官生長及破殼期

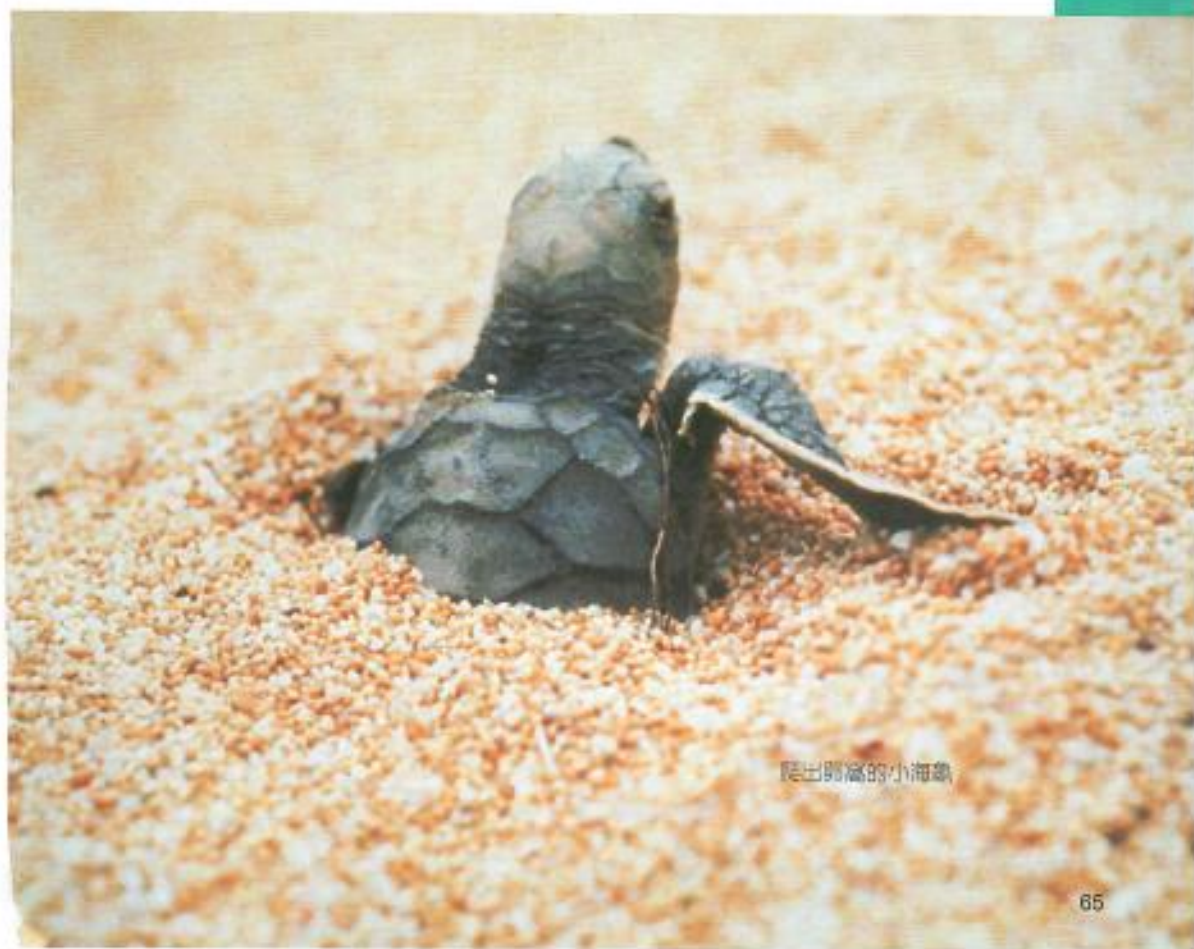
胚胎在孵化到第二階段時，器官會大量的成長，不但清晰可見，而且稚龜的形狀也出現了，此期又稱之為「器官生長期」。此期間，因器官會快速的成長，胚胎的代謝熱也會大增，不但卵窩溫度會明顯上升，龜卵對周圍沙層水分與氧氣的需求量也會大增。



胚胎孵化的第三階段為「稚龜的破殼期」，此時卵黃尚未完全吸收至腹腔中，且胚胎外膜仍然連著卵膜，但稚龜已大致發育完成，牠會用其鼻前一個小而堅硬的小點啄破蛋皮而爬出（這個器官會在稚龜脫殼後就消失），並等待其他稚龜一起爬出沙灘。

在台灣，研究發現蘭嶼島的孵化沙層環境要比望安島來的濕、冷，且

因細泥含量較高，這會使沙層中的氧氣流動較慢，造成龜卵在孵化過程中吸收氧氣的速度也較慢，同時產生的代謝熱也不易發散。在這種環境下，龜卵的孵化期會比望安島來的長。因此，產卵地的氣候及沙顆粒特性是決定龜卵孵化過程中吸收氧氣及孵化快慢的主要因子。



爬出卵窩的小海龜

## 小海龜破殼而出爬向大海

經過約 50 ~ 60 天的孵化後，小海龜誕生了！因孵化環境一致，同一窩卵的小海龜多會在同一時間內孵化出來，並攜手合作地爬出卵窩。在爬出卵窩的過程中，頂上的沙會落入空蛋皮中，龜卵中的液體（羊水）也會流入沙層中，這不但會形成一個小海龜可以活動的空間，也形成了牠往上爬的階梯，同時在沙灘表面會形成一凹陷的淺洞。當這個淺洞形成時，即代表在 3 ~ 7 日之內，小海龜們便會爬上沙灘了。在爬出的過程中，小海龜並非一直爬個不停，而是

努力的向上衝一段距離後，就會因缺氧而停止爬行，等到沙層中的氧氣量堆積夠多時再繼續向上衝。由於怕太熱會使海龜失去活動的能力，也怕被天敵發現，這些小海龜在爬到距沙灘表面十幾公分時就會停下來，等待一天氣溫最低的時刻，也就是在快天亮時，才會奮力地爬出地面離去。

小海龜爬出卵窩時，通常是幾隻體力最好的小海龜先爬出地面，接著就是一群少則二、三十隻，多則七、八十隻





體力略差的小海龜同時爬出地面。最後，一些小海龜會因體力太弱而爬不出卵窩。同時，卵窩中還有若干沒有孵化成功的胚胎及孵化後因各種不利

因素而死亡的小海龜。對於那些還活著但沒能力爬出卵窩的小海龜而言，若無法及時將牠們「拯救」出來的話，他們將會困死在卵窩之中！



一群小綠蠵龜在沙灘上爬行的模樣



小海龜在爬出地面之後，會依三種方式來判斷返回大海的方向：一個是會向光亮的方向爬去，這是因為陸地的物質會吸收光線，而海面則會反光，所以不論是來自天體如星星、月亮的任何光線，或是來自人為光源如城市、房舍、路燈、漁火等，照在地面上時大多會被吸收掉，而海面則會因反光而顯得比陸地來的亮。此外，由於母龜會選擇在人煙稀少的沙灘上產卵，海上自然會比陸地來的亮，對龜寶寶而言，向光亮的方

向爬去，就代表能回到大海的懷抱；第二個是向下坡的方向爬去，這是因為卵窩都位在比水面還要高的沙灘上，因此龜寶寶向下坡的方向爬去，就代表這一定是回家的路；第三個是避開有形狀的遮蔽物，這是因為在自然的沙灘上，有形狀的遮蔽物通常是沙丘或是樹林，而這些遮蔽物都位在沙灘的後方，因此有遮蔽物擋在前面就代表這是與回家相反的方向。







有人曾懷疑，滿月時因月光很亮，整個沙灘看過去和白天一樣，是否會對小海龜的下海行為產生負面影響。對此問題，研究人員在實驗中發現，雖然小海龜對光線的反應在水平方向很寬，但在垂直的方向卻不高，因此月光的強弱不會對小海龜的下海行為產生負面影響。當牠們到達水邊時，便會朝著海浪的方向，筆直的衝進大海，因為迎著浪才代表那是大海的方向，也只有這樣，才能在最短的時間內，脫離陸上及近海天敵的威脅。小海龜在離開陸地後，會不停地向外游上一至兩天，才會在較深的水中順著洋流，漂向牠位在大洋中浮游成長的棲地。

不同的產卵及周遭海洋環境所孵化出的小海龜，其體型及活動力都不會一樣，像在台灣，望安的氣候比蘭嶼來的熱且乾，所以孵化期要短。然而，望安島所孵化出的小海龜，體型較大也較重，活動力也較強，有可能是望安島附近為廣大的淺水珊瑚礁區，小海龜要大一點，活動力也要強一點，才能早日脫離天敵的捕食壓力。而蘭嶼島位於強大的黑潮附近，且水也很深，所以小海龜只要能游進黑潮，就能快速的離開天敵密集之沿近海。在這種情形下，小海龜體型就要小一點，才能減少被天敵發現的機率，相對來說，體力自然會差一些。





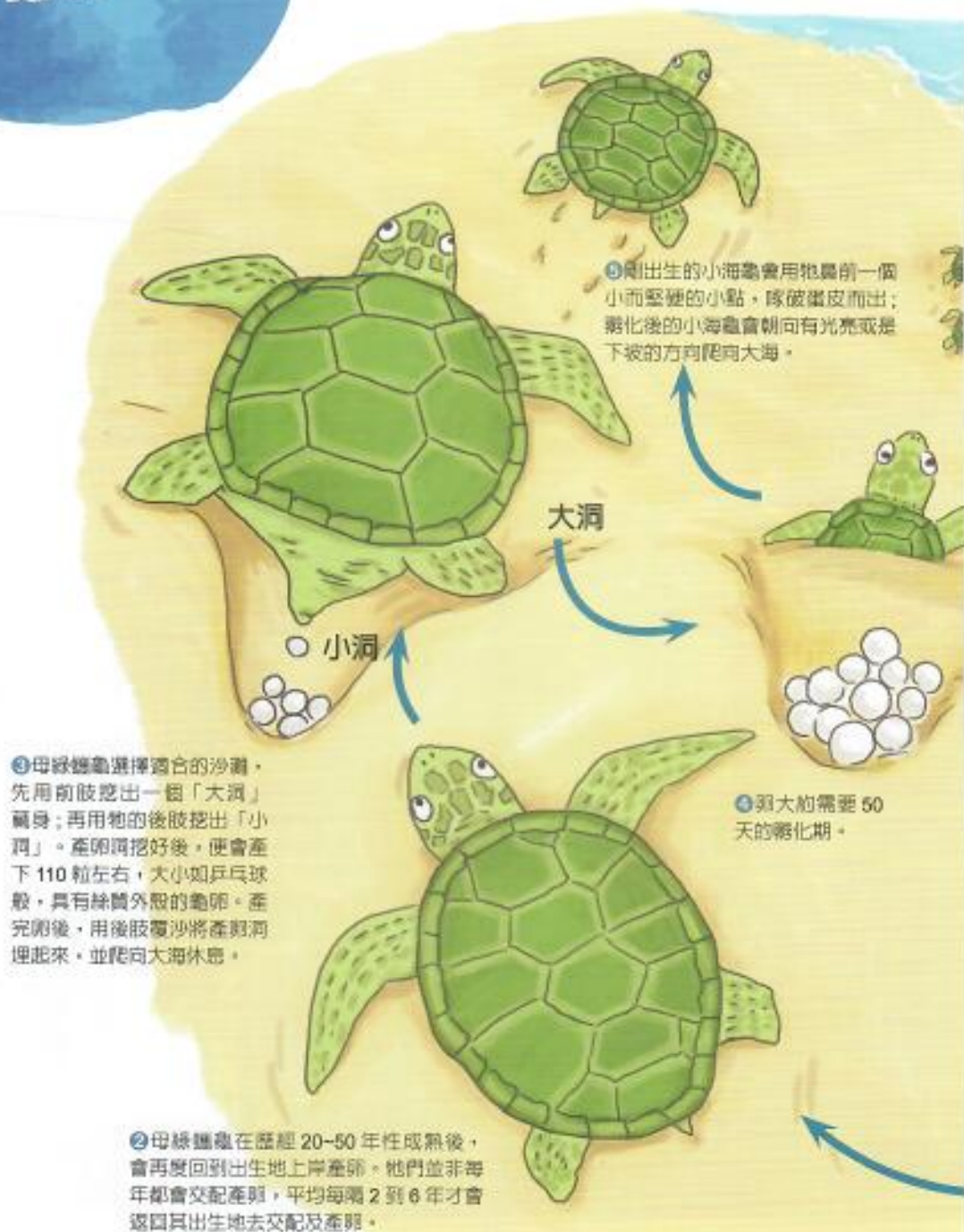
Chapter

2



海龜的生態生活

# 海龜的一生





⑥小海龜會在大洋中央的漂流性馬尾藻下，靠著以浮游生物為食的浮游性生活。

⑦小海龜一直要長到二、三十公分背甲長後，才會結束其浮游性的生活，回到岸邊的淺水區，選擇一處海草及大型藻類豐盛的海域安定下來，靠著以這些食物為生的底棲性生活。

⑧在產卵前，公龜和母龜會從其覓食海域洄游到產卵沙灘附近的海域進行交配。