

107301020700G0002

「台灣海域傷病海龜康復後
洄游路徑追蹤計畫」
成果報告

海洋國家公園管理處自行研究報告

中華民國 107 年 12 月

「台灣海域傷病海龜康復後
洄游路徑追蹤計畫」
成果報告

研究人員:蔡雅如

海洋國家公園管理處自行研究報告

中華民國 107 年 12 月

目錄

目錄	I
表次	II
圖次	III
摘要	V
Abstract	VI
第一章 緒論	- 1 -
第一節 前言	- 1 -
第二節 研究背景	- 3 -
第二章 研究方法	- 5 -
第三章 結果與討論	- 8 -
第一節 調查結果	- 8 -
第二節 討論	- 29 -
一、綠蠹龜對覓食棲地忠誠度之探討	- 29 -
二、綠蠹龜對於覓食棲地之選擇	- 33 -
第四章 參考文獻	- 38 -

表次

表 1、Argose system 位置精準度(LC, Location class)的誤差範圍...- 7 -
表 2、本研究的綠蠓龜基本資料與洄游路徑訊息- 9 -
表 3、綠蠓龜救援地與衛星追蹤結束位置表- 32 -

圖次

圖 1、海龜康復後返回東沙野生動物保育中心	- 11 -
圖 2、安裝好發報器於收容池中進行測試	- 11 -
圖 3、編號 68329 海龜洄游路徑	- 12 -
圖 4、編號 53784 海龜(該海龜背甲直線長為 78.4cm，為亞成龜體 型，經由外觀辨識成熟後應為母龜).....	- 13 -
圖 5、左為編號 53748 海龜、右為編號 71914 海龜，兩隻海龜同一 天於墾丁後壁湖沙灘野放	- 13 -
圖 6、編號 53748 海龜的洄游路徑	- 14 -
圖 7、編號 71914 海龜洄游路徑	- 15 -
圖 8、編號 41788 海龜剛被收容時的狀況，身上有許多藤壺且身體 瘦弱.....	- 16 -
圖 9、編號 41788 海龜裝設衛星發報器	- 16 -
圖 10、編號 41788 海龜的洄游路徑	- 17 -
圖 11、編號 41788 海龜抵達臺灣北部海域的洄游路徑	- 18 -
圖 12、編號 71912-1 海龜安裝發報器過程	- 19 -
圖 13、編號 71912-1 海龜於小琉球海域活動情形(由國立海洋生物博 物館李宗賢獸醫提供).....	- 19 -
圖 14、編號 71912-1 海龜的洄游路徑	- 20 -
圖 15、編號 65435 海龜於 2016 年 11 月 8 日於小琉球大福漁港旁沙 灘野放.....	- 21 -
圖 16、編號 65435 海龜的洄游路徑	- 22 -
圖 17、編號 53770 海龜 2017 年 4 月 9 日野放情況	- 23 -
圖 18、編號 53770 海龜洄游路徑	- 24 -

圖 19、編號 88054 海龜 2017 年 11 月 21 日野放情況	- 25 -
圖 20、編號 88054 海龜在屏東海口港附近洄游路徑	- 25 -
圖 21、編號 88054 海龜的洄游路徑	- 26 -
圖 22、車城鄉海口港南側有廣大的珊瑚礁石區(退潮時的影像) .-	26 -
圖 23、編號 88054 海龜 2017 年 11 月 21 日野放情況	- 27 -
圖 24、編號 71912-2 海龜在台灣南部的洄游路徑	- 28 -
圖 25、編號 71912-2 海龜的洄游路徑	- 28 -
圖 26、臺灣海域擁有多樣的生物礁生態系(詹森，2018)	- 34 -
圖 27、保育類生物分佈圖(陳朝圳，2011)	- 35 -
圖 28、大型藻類覆蓋率之熱點分析圖(陳昭倫，2014)	- 36 -
圖 29、本研究綠蠵龜出現點位與相關研究位置圖(藍色水滴為 100 年 計畫綠蠵龜出現位置，其餘為本研究綠蠵龜衛星點位)	- 37 -

摘要

本計畫主要進行傷病海龜康復後洄游路徑探討，共討論 9 隻綠蠐龜(1 隻成龜、1 隻亞成龜及 7 隻幼龜)，顯示臺灣週邊海域是綠蠐龜洄游覓食棲地。從洄游資料顯示綠蠐龜對於覓食棲地忠誠度相當高，不論從哪邊野放，最終皆以返回原救援地附近海域為終點，並在那邊待到訊號結束。另外從洄游訊號資料顯示，海龜主要的覓食棲地皆有大型藻類分佈，因此海域棲地的保育對於海龜族群的穩定有相當的助益。

Abstract

This project mainly discusses the path of migration after the recovery of injured turtles. A total of 9 green turtles (1 adult turtle, 1 subadult turtle and 7 juvenile turtles) were discussed. It shows that the waters around Taiwan are green turtles' habitat. From all migration, the green turtles are quite loyal to the foraging habitat. No matter which side they are released, they end up returning to the sea near the original rescue site, and stay there until the end of the signal. In addition, from the information of the migration, the main habitats of the turtles have large algae distribution, so the conservation of the habitat in the sea area is quite helpful for the stability of the turtle population.

第一章 緒論

第一節 前言

台灣四周環海，擁有豐富的棲地多樣性，如礁岸、岩岸、沙岸、泥岸等海岸及珊瑚礁地形等，加上不同季節水團交換與海流匯集，因此台灣週邊海域生物多樣性相當豐富，據海洋生物學家的調查顯示，台灣海洋生物種類高達全球海洋生物物種的十分之一。

海龜為世界瀕臨絕種之保育類動物之一，全世界共有 7 種海龜，多分佈於熱帶或亞熱帶地區，而在台灣附近出沒的海龜有綠蠵龜、赤蠵龜、欖蠵龜、玳瑁及革龜等五種。在這五種海龜中，僅有綠蠵龜和赤蠵龜曾經有過上岸產卵的紀錄，在三、五十年以前，海龜的產卵地遍及台灣的東、南部沿海及離島的沙灘上。然而，因棲地的破壞及過度的捕殺，使得能夠上岸產卵海龜的數量驟減。到目前為止，僅剩下一些離島如澎湖及蘭嶼、東沙、太平島等處的沙灘仍有海龜上岸產卵，而產卵的種類目前亦僅剩綠蠵龜。

海龜一生中95%的時間都在海中度過 (Carr, 1967; 1986; Carr & Meylan, 1980)，只有母龜在生殖季節時才會上岸產卵，及龜卵的孵化期較易觀察，因此有關海龜的研究大多集中於生殖生態學的探討 (Hendrickson, 1980)。海龜的年齡除了從脊椎骨的年輪檢視外，目前僅以背甲直線長來推算大概的年齡，以夏威夷的綠蠵龜為例，從孵化後到海龜的背甲直線長(straight carapace length, SCL)65公分通稱為幼龜(juvenile)，背甲直線長65公分至81公分通稱為亞成龜(subadult)，背甲直線長超過81公分則為成龜(adult)，為生殖成熟。從孵化後的稚龜直到成熟，約需要20-50年的時間，且成功孵化的稚龜1000隻僅有1隻海龜能順利長大為成龜。(Balazs, 1980)

當海龜結束大洋漂離期後，就會游向攝食區，以綠蠵龜為例，

牠們會尋找海藻豐富的淺海區，在此覓食長大，直到成熟後返回出生地交配產卵，因此海龜攝食區及產卵地對於海龜的存活率有其重要的影響。而這些海龜攝食區與產卵地往往與人為活動重疊或是受人為開發活動影響，如廢水排放、亂丟垃圾等，造成海龜易誤食人造物品及染病等問題，而造成海龜的食慾喪失、體力衰弱，進而失去活動能力，漂流海面，嚴重時會造成死亡。另外當海龜的活動範圍和漁場作業的範圍重疊性太高時，海龜就容易被網具混獲。當被網具混獲後，海龜會因緊張而不斷的掙扎，這會造成海龜受傷及因緊迫而產生生理異常的現象；若是被拖網混獲，海龜更可能因無法浮上水面呼吸而窒息、休克；另海龜也可能因為吃延繩釣的餌料而誤食魚鈎，或被魚鈎刺穿身體。此外，一些斷裂的網具，因繼續捕魚而成為「幽靈網具」，當海龜被這些網具「混獲」時，更會因在掙扎中不斷的纏繞而無法動彈，終至淹死或是窒息而死。（程一駿，2017）

因為人為或自然因素，造成海龜失去正常的活動能力而漂浮在水面上，當被沖上岸時，就成了擱淺的海龜，若是困在漁網中，就成了混獲的海龜，這些海龜的數量，自 1997 年起由國立臺灣海洋大學程一駿教授開始進行海龜擱淺調查，直到 2012 年由林務局有系統的建立臺灣海龜擱淺通報網。

從林務局所建立的臺灣海龜擱淺通報網紀錄顯示，台灣週邊海域 2014 年有 35 頭海龜的通報紀錄，2015 年有 105 頭紀錄，2016 年有 149 頭，2017 年達 210 頭。這結果顯示通報系統之逐漸完善，加上民眾保育意識抬頭，所以海龜通報案件有逐年增加的趨勢，也顯示出人為活動對於海洋生物生存有著重大影響。分析 2017 年台灣海龜擱淺通報事件的 210 件，其中發現時已經死亡的海龜佔 60%、

原地野放佔 10%、後送照護有 30%；通報熱點包括屏東縣、新北市、澎湖縣、台東縣、宜蘭縣及台南市；海龜最容易被混獲的季節是春季和秋天到冬季之間，其中近半數是幼龜（背甲直線長在 35 到 55 公分之間）。由於這種體型的海龜正是加入沿海族群的新個體，因此在季節變化及食物更迭（稚龜以浮游動物為主食，而幼龜以底棲大型藻類為主食）的情形下，容易因受不了海溫的改變，或誤食人造物品如塑膠袋等而失去活動力，在海上漂浮，最後擱淺在岸上。(程一駿，2017)

第二節 研究背景

海龜一生中大部分時間都在大洋中度過，十分不易追蹤，再加上牠們名列為保育類動物，因此我們無法像其他動物一樣進行活體之採集與解剖，所以對牠生活史的了解一直都很缺乏。在過去，人們採用氫氣球 (Carr & Schroder, 1967) 及標誌放流法

(capture-recapture method) (Balazs, 1976) 來追蹤海龜在海上的行蹤。Dr. Carr 從 1950 年開始進行大量的上標研究，結果顯示在哥斯大黎加 Tortuguero 沙灘上產卵的綠蠵龜，於產卵後會像輻射狀的洄游出去，廣泛的分布於加勒比海以及中南美洲各海域，有的洄游甚至超過兩千公里以上的距離。但標誌放流法的缺點是無法得知海龜的洄游路徑及相關的行為模式，這個問題一直到 80 年代初期，因人造衛星追蹤技術應用於野生動物的研究後 (Balazs, 1994; Balazs et al., 1994; Byles and Keinath, 1990; Cheng, 2000; Stonburner, 1982; Taillade, 1992)，海龜在海上的行蹤才得以逐漸了解。

台灣地區開始進行海龜研究是自 1992 年起，研究地點包括澎湖、蘭嶼、小琉球等海龜主要上岸產卵的區域，主要進行綠蠵龜母

龜的生殖生態學，如母龜上岸產卵地點的選擇、卵窩孵化的溫濕度及孵化率、稚龜大小等。由於海龜對於產卵地的忠誠度很高，不管距離多遠都會回到原出生地繁衍下一代，透過 DNA 序列可以確認海龜的親屬關係，在不同區域出生的海龜牠們的 DNA 序列並不相同，因此科學家對於海龜如何找到方向回到出生地繁衍後相當有興趣。由於衛星追蹤技術純熟，加上發報器體積日益減小，目前已廣泛被用在動物行為的追蹤上。台灣自 1994 年開始利用衛星發報器進行產卵母龜的產後洄游路徑的追蹤，但由於海龜有在礁岩磨擦背甲的習性易使發報器脫落，且發報器電池電力有限，因此至今仍無法完整追蹤一隻海龜從產卵地回到覓食棲地的洄游過程，但對於母龜產後洄游的行為與其中途的覓食棲地卻有相當的了解。

由於使用衛星追蹤海龜的成本相當高，因此過去僅針對產卵後母龜的研究，剛好藉由 2011 年本處委託國立臺灣海洋大學所辦理之「國際海龜救傷研討會」，邀請來自各國的海龜研究者進行交流，其中與會的 Dr. George(來自 NOAA National Marine Fisheries Service)對於國立海洋生物博物館海龜救傷中心所收容的傷病海龜康復後會到哪裡相當有興趣，因此，自 2013 年起由美國國家海洋漁業局位於夏威夷的海龜研究團隊提供海龜衛星發報器，安裝在康復後的海龜上，希望能藉由野放傷病復原的海龜，讓我們知道不同區域的海龜其棲息地和其棲息地的特點。

第二章 研究方法

本研究對象為經國立海洋生物博物館救傷收容後野放的海龜，以綠蠐龜為例。

綠蠐龜(Green turtle)：

成龜體重 135-150 公斤，稚龜體重 25 公克；成龜體長 100 公分，稚龜體長 5 公分。(20-50 年成熟)所有成熟海龜唯一素食者，成龜以大型海草及海藻為主食，體內脂肪呈現綠色。綠蠐龜分佈範圍為北緯 30 度至南緯 30 度(熱帶-亞熱帶)。4-9 月是產卵季，2-4 年母龜會上岸產卵一次，平均每次產 5 卵窩，每次產卵間隔為 14 天。

(NOAA FISHERIES <https://www.fisheries.noaa.gov/sea-turtles>)

衛星發報器：

本實驗採用的是美國 Telonics 公司所製造的 PPTs (platform transmitter terminal)，是屬於最大功率的發報器，通常用於追蹤長距離遷徙的動物。發報器是由鹽水開關來控制訊息的傳遞，當海龜浮出水面後訊息就開始發射，而潛入水中 2-3 秒後就會停止發送訊號。而電池是由發報器中的小時鐘所控制，在裝設後設定是 8 小時開 24 小時關。本實驗所使用的 PPT 是 TAM-2639(約 90g 重)，因為重量輕，適合用在幼龜。

Argos system：

Argos system 是由法國和美國共同合作開發的系統。此系統的運作包含了 4 個 NOAA 低高緯度繞極地運行的環境衛星 (POES, Polar Orbiting Environmental Satellite)，如果忽略緯度的變化，則衛星每天可以經過極地 28 次 (Argos, 1996)，Argos system 也包括訊號的接收、處理及傳送。

安裝材料：

醫用矽膠 (Silicone Elastomer, Nephew and Nephew Rolyan Inc., Wisconsin)、玻璃纖維布條、樹脂膠 (resins glue)。

安裝衛星發報器的方法：

發報器固定的方法是參考 Balazs(1994)和 Renaud(1990)的方法為之，詳細步驟如下：

a. 首先用砂紙及清水先將海龜背甲中央盾的第一至第三片的部分磨乾淨，將一些雜質及附著生物去除。

b. 使用醫用矽膠 (silicone elastomer) 塗在發報器的底部作為底座。在醫用矽膠還沒乾時，將衛星發報器安置在海龜背甲的第二中央盾甲上，使海龜背甲與衛星發報器之間形成一層襯墊，用來穩固衛星發報器，約十分鐘後矽膠會凝固。要注意的是，發報器的天線需面向海龜的尾部，目的在增加海龜浮出水面時之訊號發射次數。

c. 然後用樹脂膠將玻璃纖維布條交叉包裹的方式，將衛星發報器固定在海龜的背甲上，總共使用三層，在第二層與第三層之間，放置標語，以方便有人發現或是遭意外捕獲時進行通報。當包裹步驟結束後，將發報器的鹽水開關上之黏著物清除乾淨，在等候約 30 分鐘後所有樹脂膠都會凝固，便可讓海龜返回大海。整個安裝過程約耗時 2 個小時。

衛星接收資料品質：

Argos 所提供的位置是一般的經緯度，依量測的精確度可分為 7 個等級，分別為 3、2、1、0、A、B、Z(表 1)。其意義為；等級 3 是在 420s 內有 5 個以上的訊息，誤差小於 150m；等級 2 是在 420s 內有 5 個訊息，誤差小於 350m；等級 1 是在 420s 內有 4 個訊息，誤差小於 1000m；訊息少於或等於 4 個的又分為，等級 0 是在 420s

內，最少有 4 個訊息，誤差約 1000m；等級 A 是在 420s 內有 3 個訊息，其中有 2 個是合理的訊息，誤差大於 1000m；等級 B 是在 420s 內有 2 個訊息，均為合理的訊息，誤差值是無法計算的；等級 Z 是無效的訊息。等級 A、B、Z 的位置資料是經由地面的衛星接收站所計算出來的，目的在提供動物追蹤者多一些資訊，以便做進一步的分析 (Argos, 2011)。由於海龜洄游路徑資料非常珍貴且有限，不輕易將點位移除，因此會參考 Argos 手冊所提供的精準度，精準度為 Z 則不參考，其他等級保留。下一步採用經緯度搭配地形繪製海龜洄游路徑，如果位置點出現在陸地上、海龜泳速超過 5km/hr、24 小時內海龜路徑超過 90 度，這些位置皆需剔除(Gaos et al., 2012; Parker, Balazs, King, Katabira, & Gilmartin, 2009)。這些經緯度資訊經由軟體(Google Map)繪製，即可得到海龜的洄游路線圖。

表 1、Argose system 位置精準度(LC, Location class)的誤差範圍

LC	訊息量	誤差範圍
3	在 420s 內有 5 個以上的訊息	<150m
2	在 420s 內有 5 個訊息	<350m
1	在 420s 內有 4 個訊息	<1000m
0	在 420s 內最少有 4 個訊息	≐ 1000m
A	在 420s 內有 3 個訊息，其中有 2 個是合理的訊息	>1000m
B	在 420s 內有 2 個訊息，均為合理的訊息	無法計算
Z	無效的訊息	

第三章 結果與討論

第一節 調查結果

作者自 2013 年至 2018 年共為 20 隻海龜進行發報器的安裝，其中包括 3 隻欖蠟龜、1 隻玳瑁及 16 隻綠蠟龜。由於海龜的種類(磨背習性)、年齡大小(成龜、亞成龜與幼龜)以及人為操作皆有可能影響海龜發報器接收訊號時間的長短及訊號品質，因此本研究僅針對 9 隻綠蠟龜，其康復後洄游路徑進行分析，如表 2。

這 9 隻綠蠟龜除了 1 隻成熟母龜及 1 隻亞成龜(外觀檢視亦為母龜)外，其餘都是幼龜，因為這體型大小的海龜正是加入沿海族群的新個體，也顯示臺灣週邊海域是綠蠟龜洄游路徑中的覓食棲地。

表 2、本研究的綠蠵龜基本資料與洄游路徑訊息

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
種類	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜
年齡	幼龜	亞成龜	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜	母龜	幼龜
野放時間	2013/5/7	2013/12/9	2013/12/9	2014/5/31	2016/11/8	2016/11/8	2017/4/9	2017/11/21	2018/5/22
野放地點	東沙島	墾丁後壁湖	墾丁後壁湖	車城後灣村	小琉球	小琉球	車城海口港	車城海口港	墾丁砂島保護區
衛星編號	68329	53748	71914	41788	71912	65435	53770	88054	71912
SCL(cm)	41	78.4	58.2	42.1	53.8	49.2	60.5	85.4	48
CCL(cm)	42	80.6	61	45	57.3	51.6	64.9	91.2	51.2
Weight (kg)	9.1	86	26	9.78	21	15.38	30.08	99(含布)	13.9
救傷原因	東沙海巡 廢棄漁網 救傷	長期在海生 館收容 (來源不明)	滿洲鄉南仁 安檢所 (擱淺)	新北市富基 漁港 (漁網纏繞)	小琉球大福 西漁港 (擱淺於消波 塊)	滿洲鄉南仁 安檢所 (廢棄魚網纏 繞)	屏東縣車城 鄉漁民捕獲	罹患纖維乳 突瘤，在海 生館收容 4 年	台東金樽漁 港(流刺網誤 捕)
開始追蹤時間	2013/5/13	2013/12/10	2013/12/10	2014/5/31	2016/11/8	2016/11/9	2017/4/10	2017/11/22	2018/5/22
停止追蹤時間	2013/9/26	2014/6/20	2014/4/25	2014/10/3	2017/2/7	2017/3/21	2017/7/4	2018/2/25	2018/8/18
總共追蹤天數 (day)	137	192	136	126	92	133	85	95	89
洄游路徑 (KM)	2000.85	586.05	214.29	488	30.59	365	162.11	188.02	286.81

一、綠蠟龜(編號 ID68329)的洄游路徑：該綠蠟龜是 2012 年在東沙海域被廢棄漁網纏繞，經受海巡署獲救後，送至海洋國家公園管理處東沙野生動物保育中心暫時收容，因受困漁網久身體虛弱無法潛水與進食，經評估以飛機送返台灣後送至國立海洋生物博物館海龜收容中心治療。綠蠟龜康復後搭乘飛機返回東沙，並於 2013 年 5 月 7 日野放並裝置衛星發報器。自 2013 年 5 月 13 日起開始有第一筆訊號，該訊號位置顯示綠蠟龜已經離開東沙海域並往南洄游，經過 69 天的追蹤，7 月 20 日最後一筆有效訊號位置顯示綠蠟龜在菲律賓巴拉望島南方的巴拉巴克島東邊海域，但直到訊號結束 9 月 26 日前綠蠟龜的位置訊號顯示都在這附近海域。



圖 1、海龜康復後返回東沙野生動物保育中心

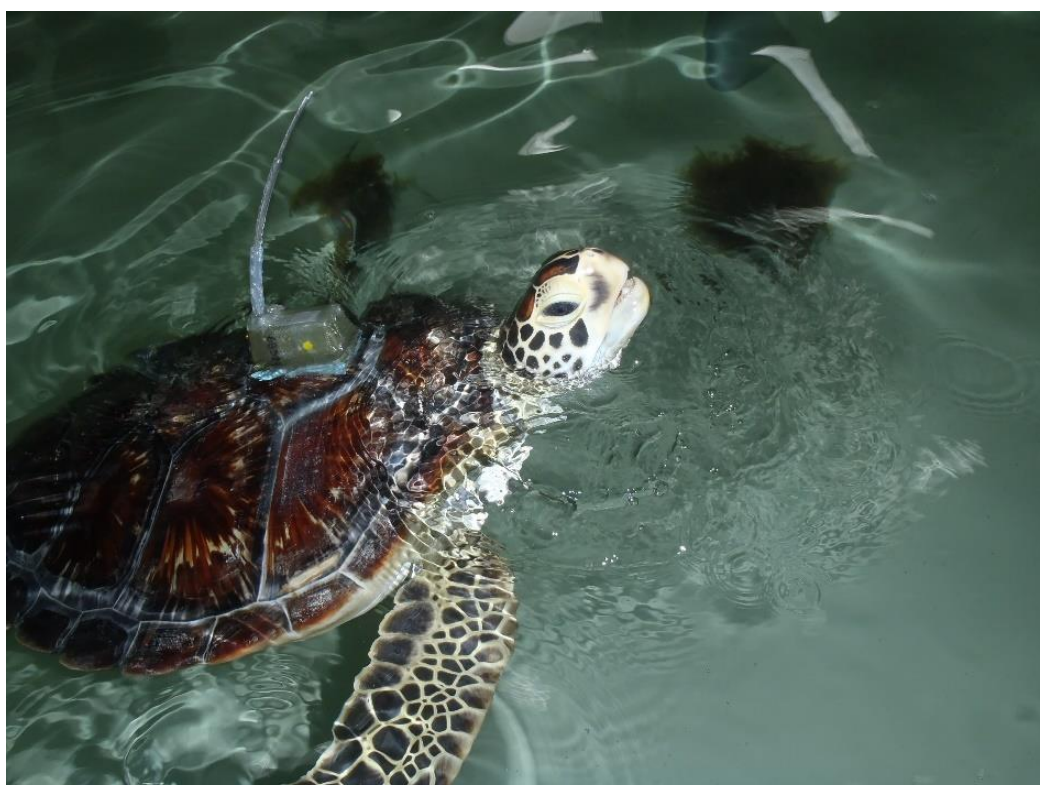


圖 2、安裝好發報器於收容池中進行測試

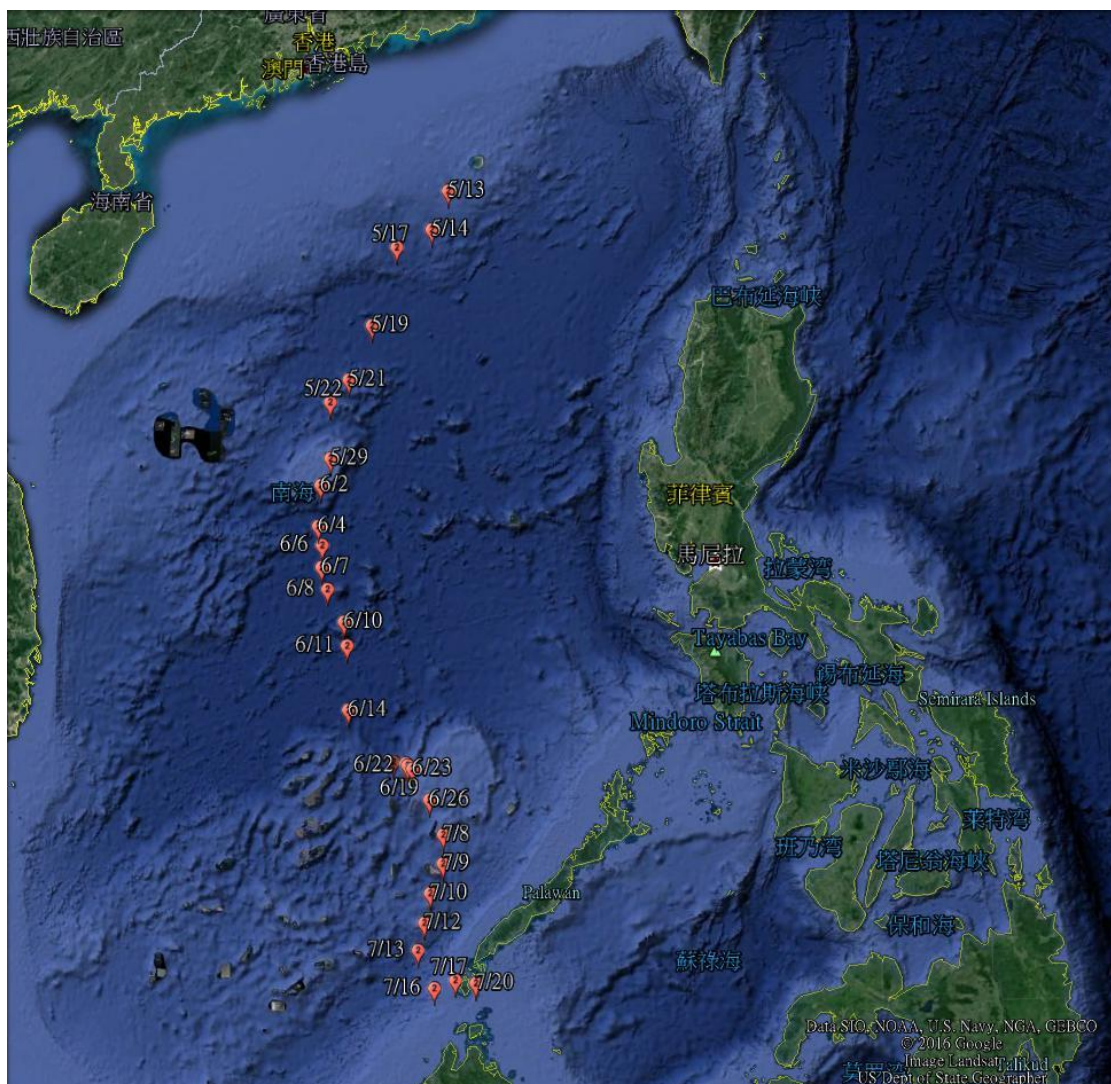


圖 3、編號 68329 海龜洄游路徑

二、綠蠟龜(編號 ID53748)的洄游路徑：該綠蠟龜於國立海洋生物博物館長期收容，直至 2013 年經獸醫評估健康無虞可以野放，並於 2013 年 12 月 9 日自墾丁後壁湖沙灘野放。該綠蠟龜野放後先往北洄游，最遠到台南，並在小琉球海域停留幾天，再往南回到南灣海域，並在南灣停留 2 個多月(2014 年 1 月 12 日至 3 月 26 日)，於 2014 年 3 月 30 日離開南灣後往恆春鎮外海洄游，並於 4 月 19 日有效訊號出現在臺灣墾丁東側外海後，綠蠟龜北

上在滿洲鄉旭海外海待了2個月，直到2014年6月20日訊號結束。



圖4、編號53784海龜(該海龜背甲直線長為78.4cm，為亞成龜體型，經由外觀判識成熟後應為母龜)



圖5、左為編號53748海龜、右為編號71914海龜，兩隻海龜同一天於墾丁後壁湖沙灘野放

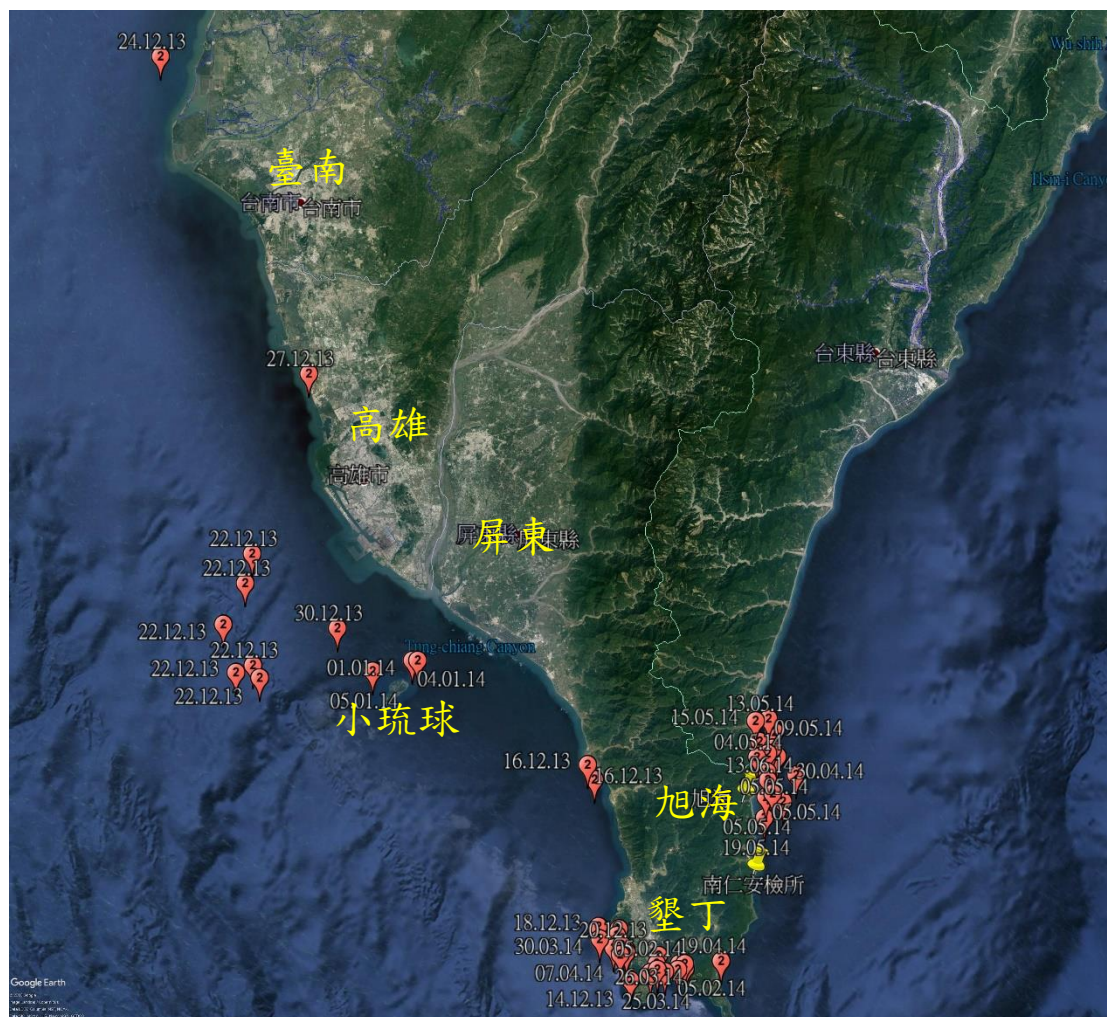


圖 6、編號 53748 海龜的洄游路徑

三、綠蠟龜(編號 ID71914)的洄游路徑：該綠蠟龜於 2013 年由滿洲鄉南仁安檢所通報擱淺，經送國立海洋生物博物館救傷收容後，於 2013 年 12 月 9 日於墾丁後壁湖沙灘野放。該綠蠟龜野放後在 2013 年 12 月 10 日收到第一筆訊號後，直至 12 月 16 日收到有效訊號時已經在屏東牡丹鄉旭海外海，綠蠟龜在附近海域待了 4 個多月，直到 2014 年 4 月 25 日訊號結束。離綠蠟龜

獲救的滿州南仁安檢所海域相距不遠，可以確認此處海域為該綠蠵龜的覓食棲地。

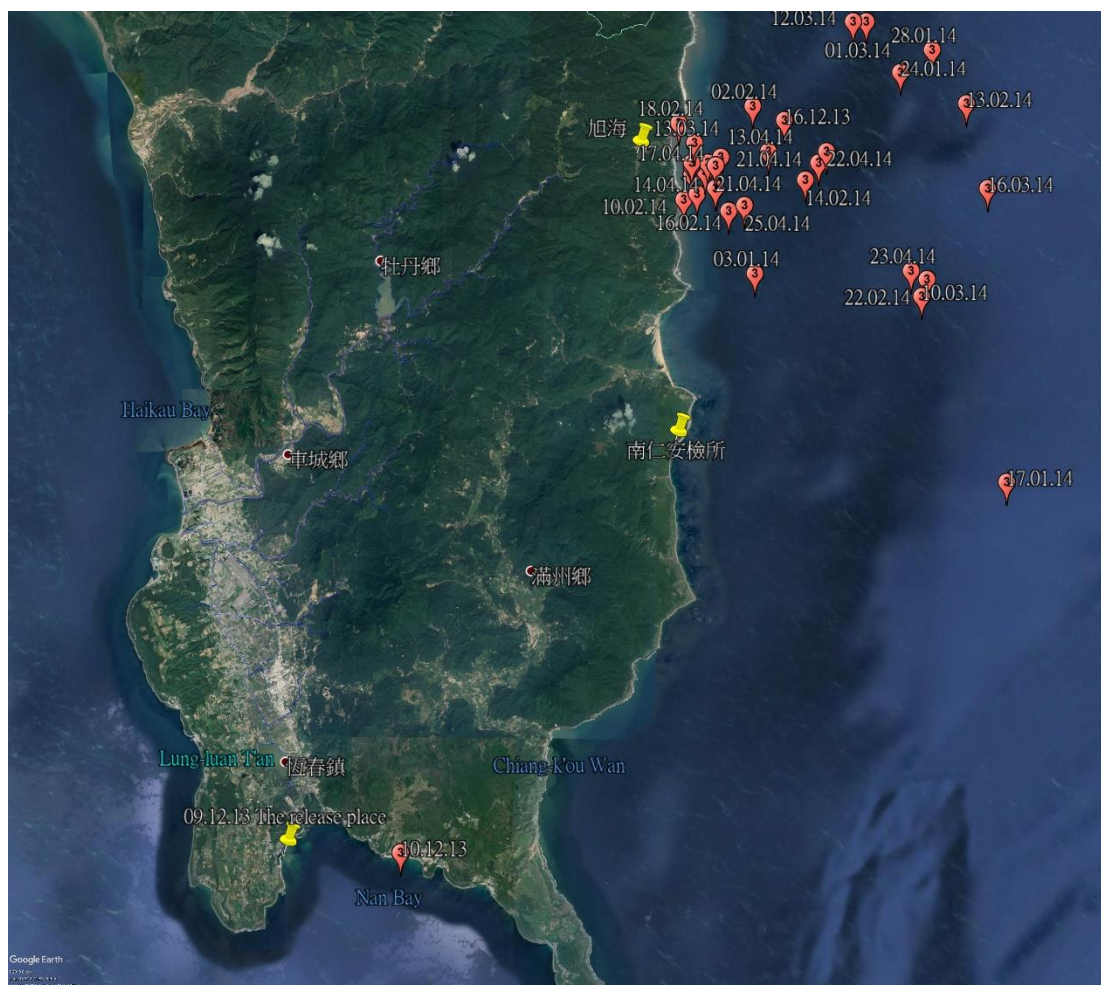


圖 7、編號 71914 海龜洄游路徑

四、綠蠵龜(編號 ID41788)的洄游路徑：該綠蠵龜於 2014 年 1 月 21 日由新北市石門富基漁港安檢所通報，經國立海洋生物博物館獸醫到場檢視綠蠵龜狀況，發現背甲有藤壺附著、右前肢與身體交界處有疑似漁網造成的傷痕，因此判斷應為受困漁網後被救獲。經救傷收容康復後，於 2014 年 5 月 31 日在車城鄉後灣村沙灘野放。該綠蠵龜野放後沿著台灣西部海岸往北洄游，於 6

月 25 日抵達淡水河外海，並在附近海域待到 10 月 3 日才沒有訊號。從綠蠵龜救傷紀錄顯示該綠蠵龜應於附近海域活動並被漁船混獲，而康復後再次回到該海域，顯示該海域是綠蠵龜覓食棲地。



圖 8、編號 41788 海龜剛被收容時的狀況，身上有許多藤壺且身體瘦弱



圖 9、編號 41788 海龜裝設衛星發報器

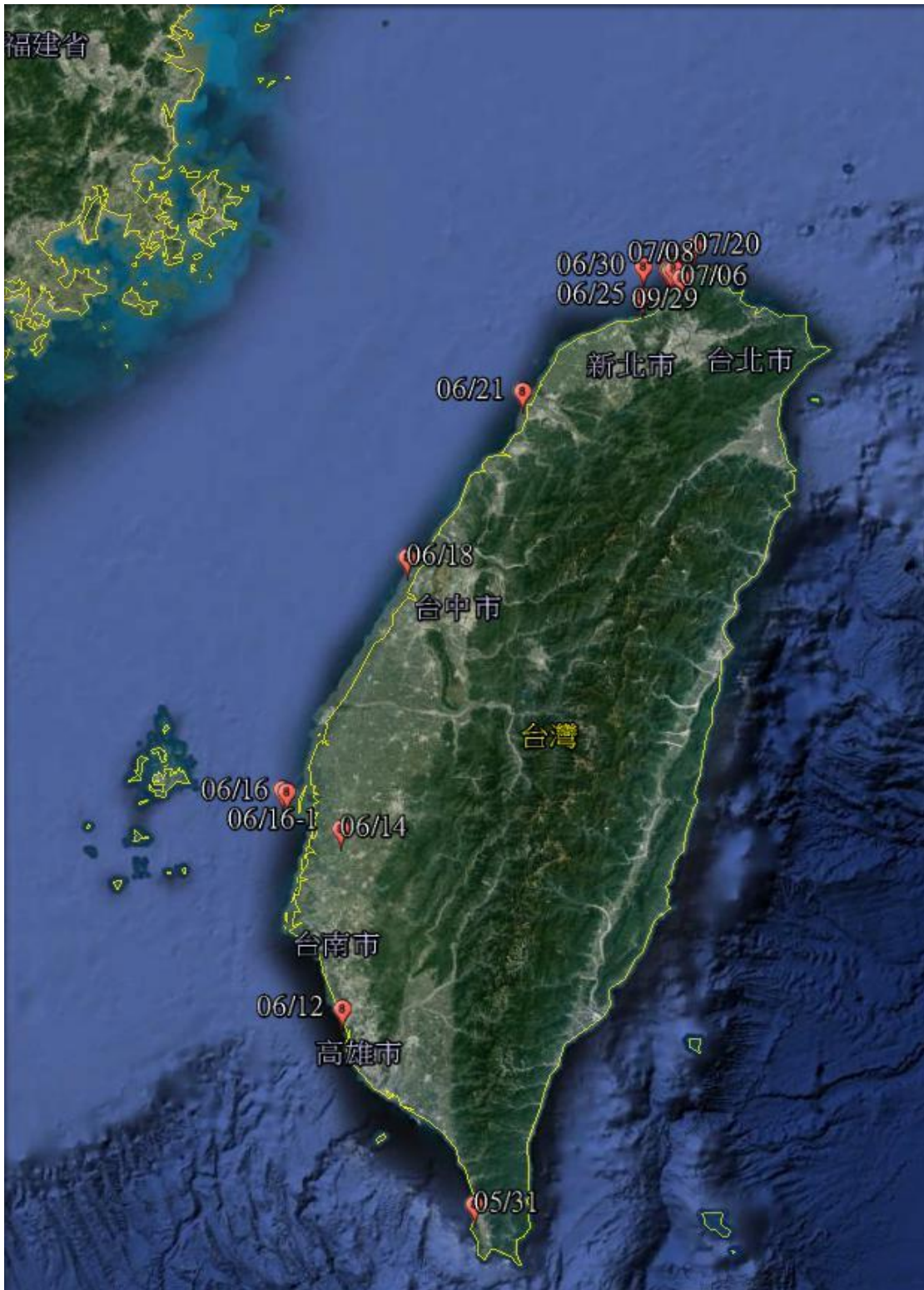


圖 10、編號 41788 海龜的洄游路徑

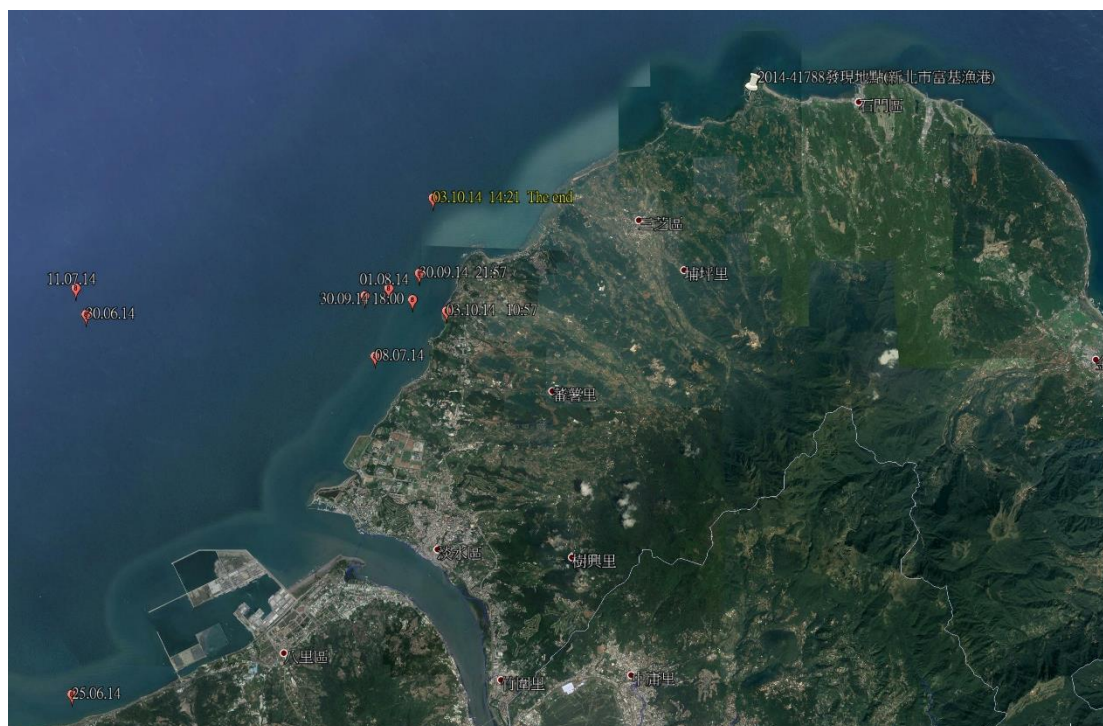


圖 11、編號 41788 海龜抵達臺灣北部海域的洄游路徑

五、綠蠵龜(編號 ID71912-1)的洄游路徑：該綠蠵龜於 2016 年 2 月初擱淺於小琉球大福漁港的消波塊上被救援，送至國立海洋生物博物館救傷收容。經獸醫治療後評估其健康狀況良好，為考量該綠蠵龜當初救援地點，於同年 11 月 8 日以船運回小琉球，並於大福漁港附近沙灘野放。依衛星追蹤器資料顯示，該綠蠵龜活動地點皆於大福漁港附近海域出沒，有效位置訊號至 2017 年 1 月 30 日，但衛星接收訊息直到 2017 年 2 月 7 日後才無訊號傳遞回來。當地潛水業者於 3 月 8 日通報國立海洋生物博物館，於大福漁港附近海域海底發現背甲上黏有發報器的綠蠵龜屍骨，請潛水業者將發報器帶上岸後，發報器仍可以運作，顯

示綠蠟龜可能於 2017 年 1 月 30 日至 2 月 7 日之間死亡，且死亡後漂流一段時間才沉入海底。



圖 12、編號 71912-1 海龜安裝發報器過程

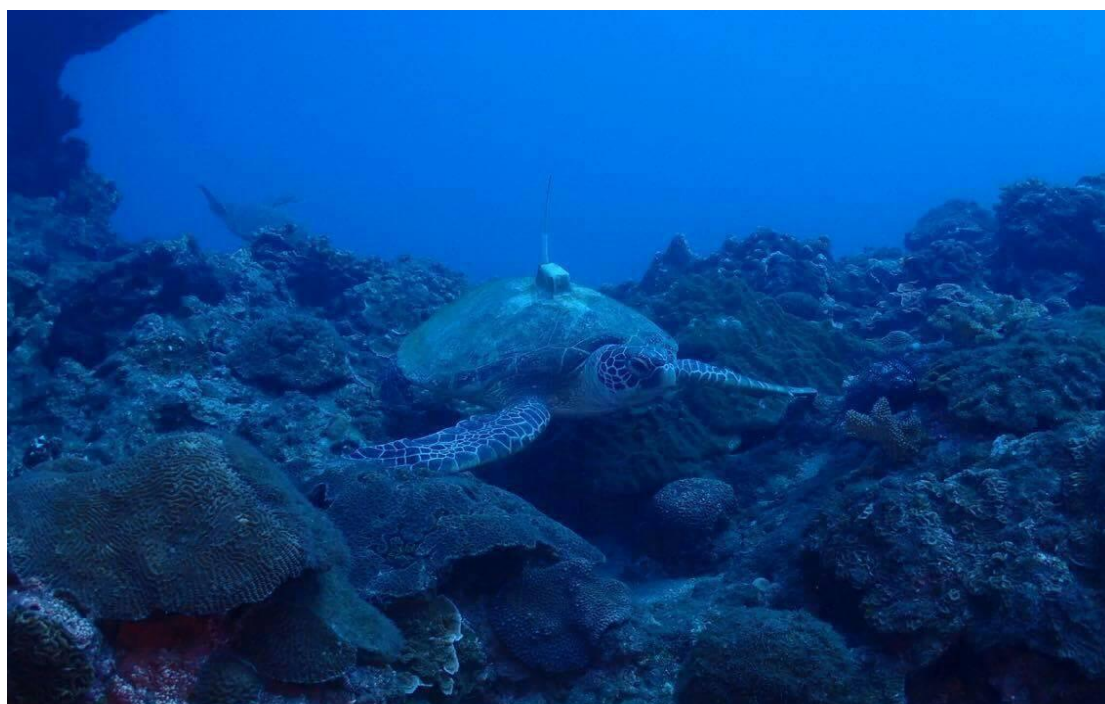


圖 13、編號 71912-1 海龜於小琉球海域活動情形(由國立海洋生物博物館李宗賢獸醫提供)



圖 14、編號 71912-1 海龜的洄游路徑

六、綠蠟龜(編號 ID65435)的洄游路徑：該綠蠟龜於 2016 年 4 月 23

日滿洲鄉南仁安檢所通報被廢棄魚網纏繞，經救援後送至國立海洋生物博物館醫療，同年 11 月 8 日於小琉球大福漁港野放，並於 11 月 9 日開始接收到第一筆訊號。該綠蠟龜野放後在台灣海峽南部徘徊，最遠到達高雄市外海。直到 11 月 16 日出現於南灣後，在南灣海域停留約半個月之久後，就往臺灣東海岸洄游，並於同年 12 月初抵達原救援地點(滿洲鄉南仁安檢所外

海)，並於該海域待了 3 個月，直到 2017 年 3 月 21 日訊號結束。



圖 15、編號 65435 海龜於 2016 年 11 月 8 日於小琉球大福漁港旁沙灘野放

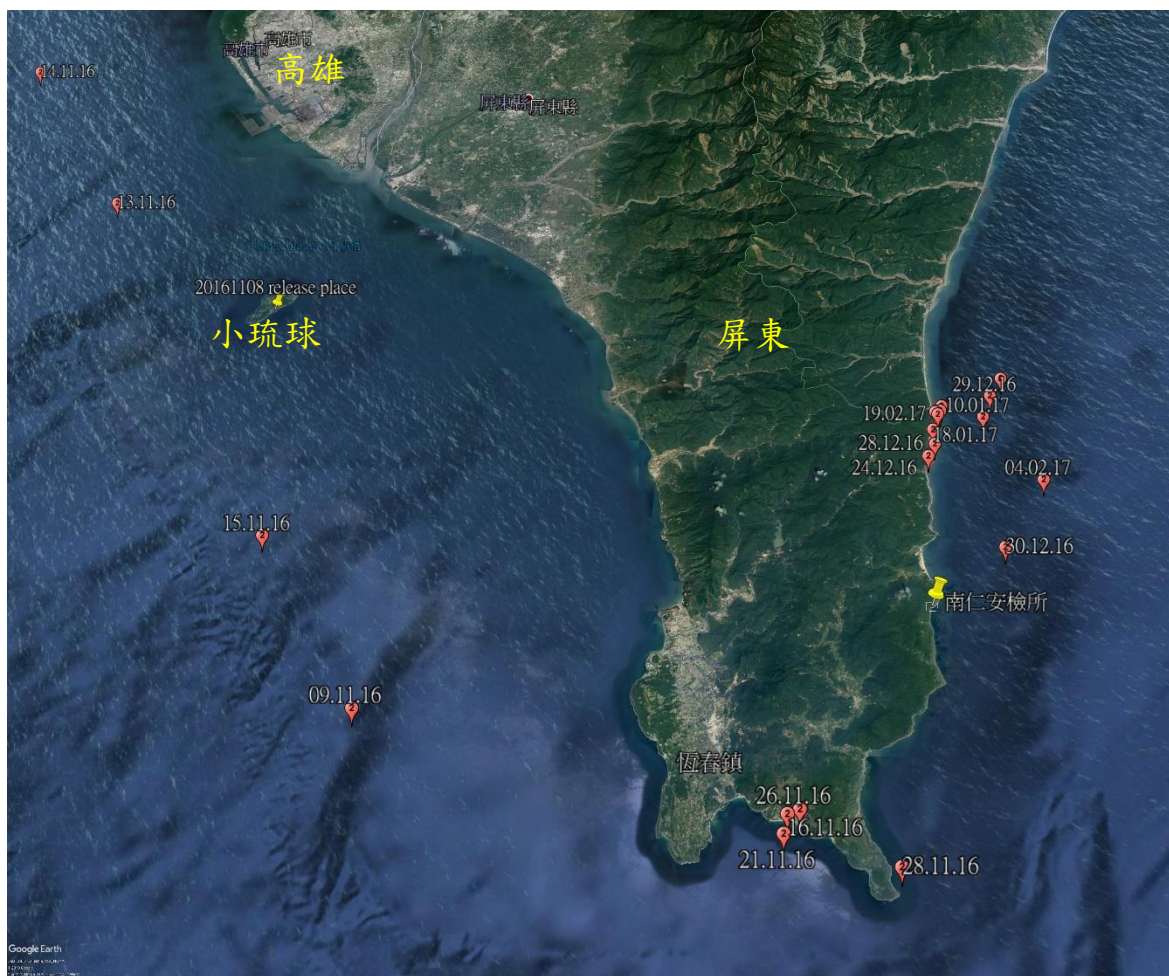


圖 16、編號 65435 海龜的洄游路徑

七、綠蠵龜(編號 ID53770)的洄游路徑：該綠蠵龜於 2016 年 11 月

23 日由車城鄉的漁民捕獲，發現時有脫水、酸血症、腸阻塞，經國立海洋生物博物館醫治後，於 2017 年 04 月 09 日野放，並於 04 月 10 日開始接受訊號。該綠蠵龜的活動範圍僅在台灣海峽南部海域，並曾進出南灣海域，但還是以恆春外海為主要棲息地，衛星追蹤資料持續到 7 月 4 日結束，總共追蹤天數 85 天。



圖 17、編號 53770 海龜 2017 年 4 月 9 日野放情況

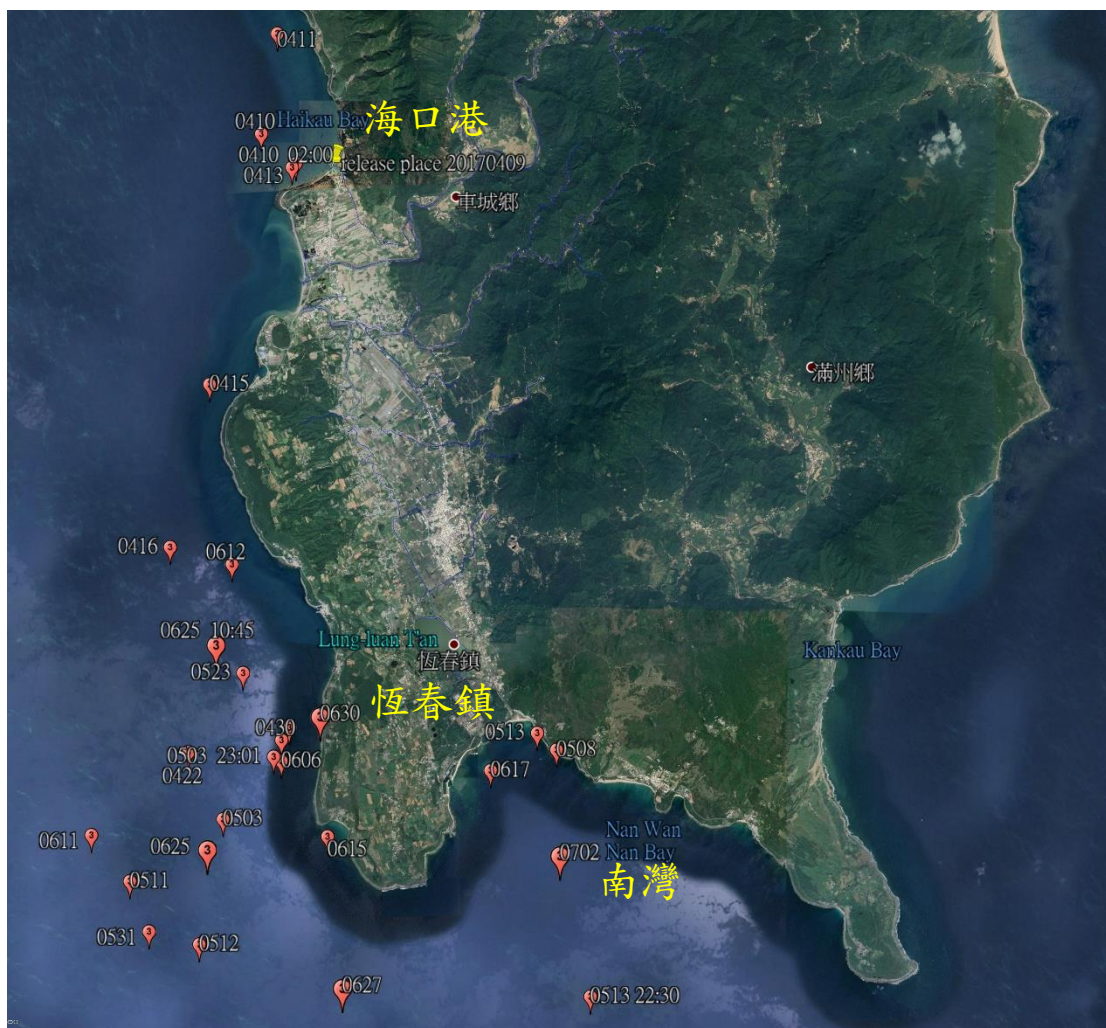


圖 18、編號 53770 海龜洄游路徑

八、綠蠟龜(編號 ID88054)的洄游路徑：該綠蠟龜來自新北市，因罹患纖維乳突瘤，在國立海洋生物博物館收容 4 年，經獸醫師評估該綠蠟龜已達成年且潛水攝食能力皆正常，腫瘤也沒有復發的跡象，因此選擇在 2017 年 11 月 21 日進行野放。該綠蠟龜於屏東車城鄉海口港旁沙灘野放後，持續在海口港外海活動，經現場會勘後發現海口港南側廣大珊瑚礁石區有豐富的馬尾藻足以提供綠蠟龜覓食，因此綠蠟龜在該海域棲息直到 2018 年 3 月

13日。由衛星追蹤資料顯示該綠蠓龜於2018年3月17日往南洄游，但資料僅追蹤到3月18日訊號就結束，共計追蹤95天。



圖 19、編號 88054 海龜 2017 年 11 月 21 日野放情況

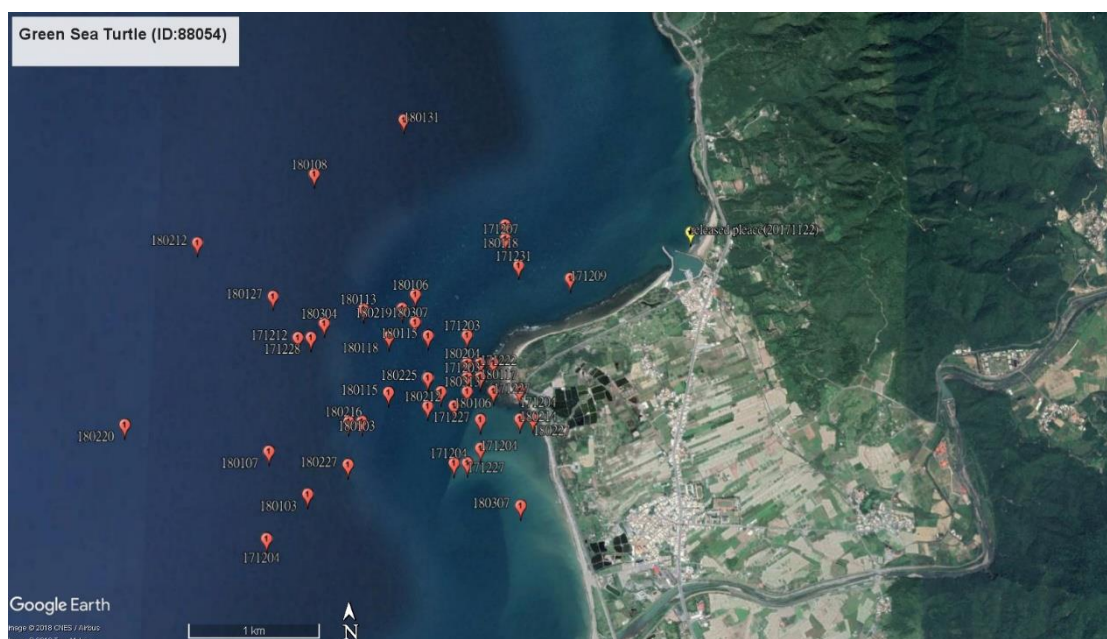


圖 20、編號 88054 海龜在屏東海口港附近洄游路徑

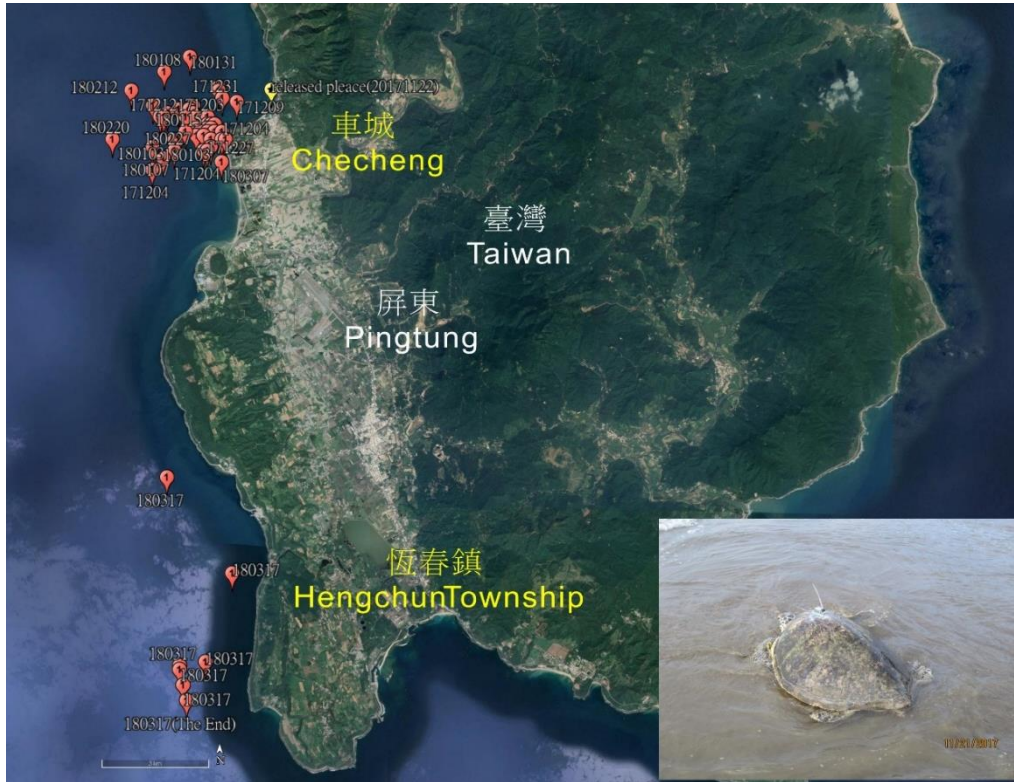


圖 21、編號 88054 海龜的洄游路徑



圖 22、車城鄉海口港南側有廣大的珊瑚礁石區(退潮時的影像)

九、綠蠓龜(編號 ID71912-2)的洄游路徑：該綠蠓龜於 2018 年 3 月 13 日被金盛仁 2 號漁船誤捕並由台東東河鄉金樽漁港安檢所通報，由國立海洋生物博物館救傷收容，經獸醫檢查健康狀況無虞，於 2018 年 5 月 22 日在墾丁砂島保護區野放。因為編號 ID71912 的衛星發報器，在 106 年 3 月後回收還有電，因此本次野放就利用這個發報器。該綠蠓龜自野放後在墾丁南灣海域待了一個月，於 6 月 30 日沿著台灣東部往北，在 7 月 7 日抵達屏東縣滿洲鄉南仁安檢所附近海域，而後 7 月 14 日抵達台東縣東河鄉金樽漁港，並在附近海域待到 8 月 18 日訊號結束。



圖 23、編號 88054 海龜 2017 年 11 月 21 日野放情況

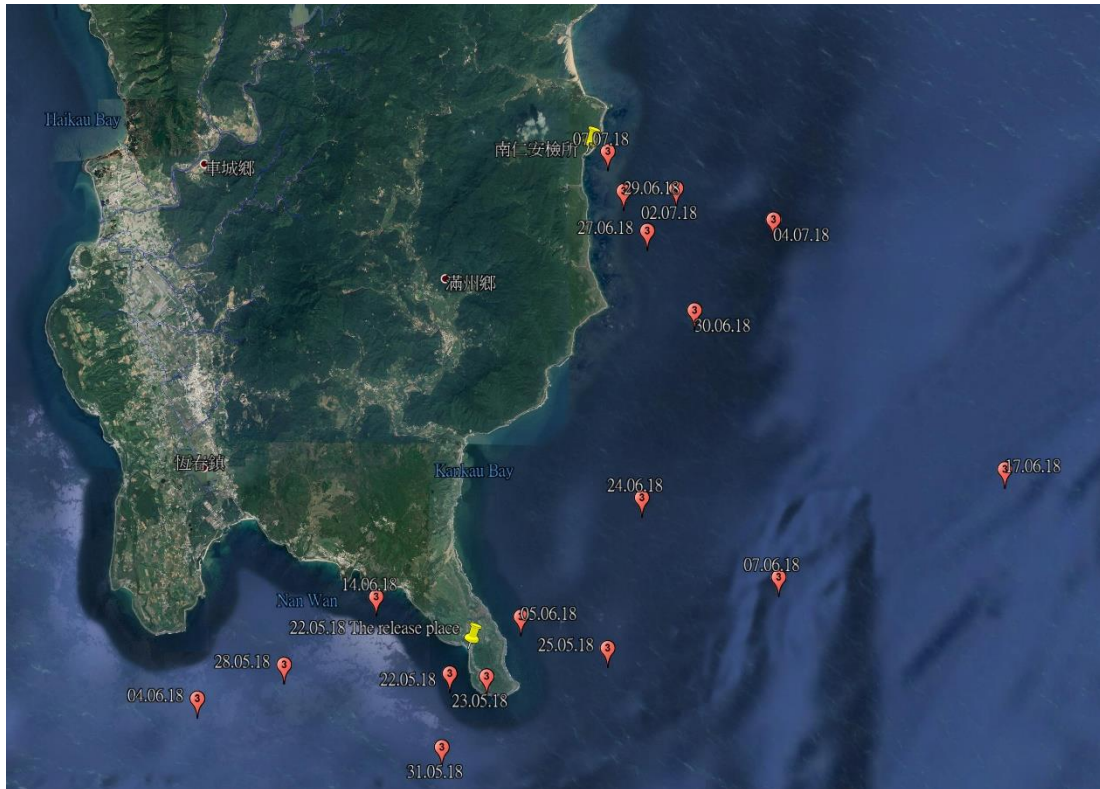


圖 24、編號 71912-2 海龜在台灣南部的洄游路徑

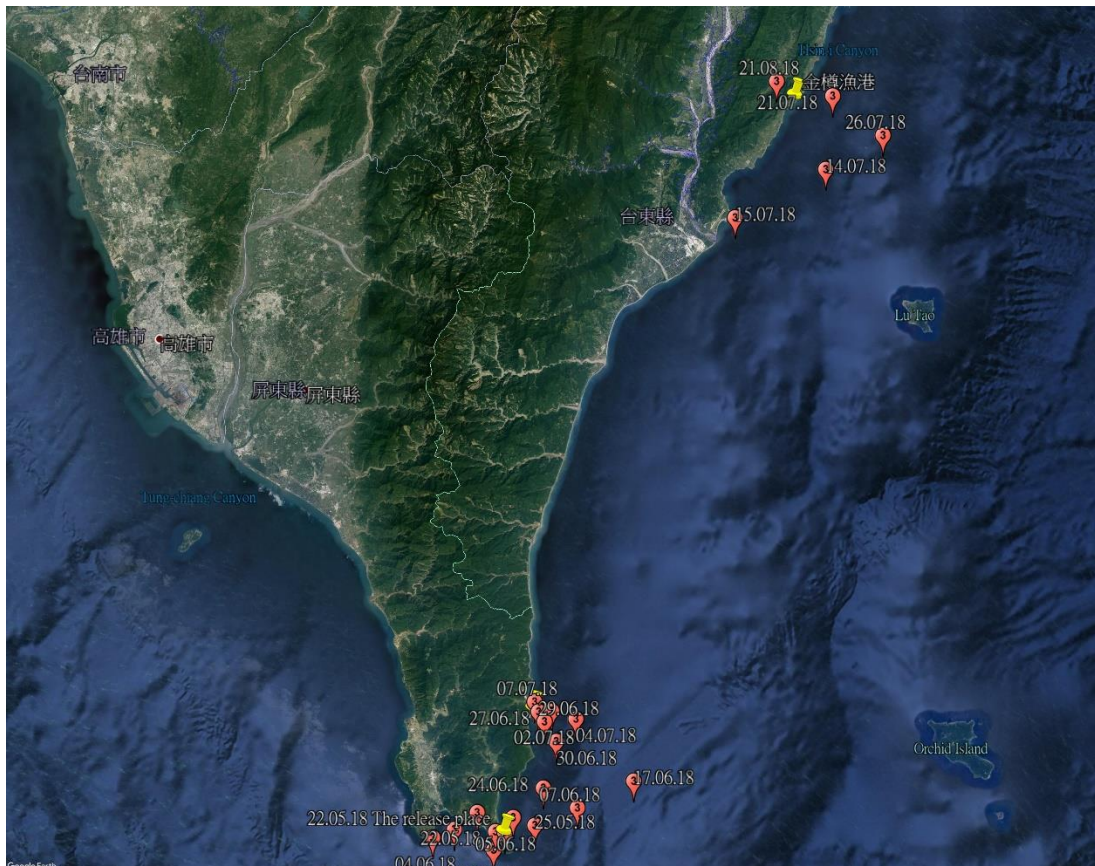


圖 25、編號 71912-2 海龜的洄游路徑

第二節 討論

一、綠蠐龜對覓食棲地忠誠度之探討：

海龜一生當中大部分時間都在海中渡過，除了母龜會在生殖季時上岸產卵，夏威夷的海龜會上岸曬太陽外，其他時間都在海中渡過。研究顯示海龜對於產卵地忠誠度很高，不管距離多遠都會回到出生地繁衍下一代。透過 DNA 序列可以確認海龜的親屬關係，在不同地區出生的海龜其 DNA 序列並不相同(Carr, 1967)。科學家提出很多理論來驗證海龜如何回到原出生地產卵，如地磁理論、海洋物理及化學條件等，但卻無法真正確認海龜是如何返回原出生地產卵，僅能得知海龜產卵後會借助洋流來節省體力修正洄游的方向。(Cheng and Wang, 2009)

大多數研究都是對於母龜產後洄游進行研究，較少對於幼龜洄游路徑進行探討，可能是因為幼龜死亡率較高，能夠追蹤時間不長，但幼龜覓食棲息地卻是我們需要重視的，棲地的保育可提升海龜的存活機率。有研究顯示海龜對攝食地有相當高的忠誠度(Laber and Waller, 1994; Balazs, 1994)，因此本研究以康復後海龜進行洄游追蹤來探討海龜與覓食棲地的忠誠度。本研究除了 2 隻為成熟母龜外，其餘 7 隻皆為體長 40-60 公分的幼龜，其中以在東沙野放的綠蠐龜年齡最小，且因為東沙為大洋中的小島，非大陸邊緣，而綠蠐龜依其習性當稚龜脫離大洋性漂浮的階段長大為幼龜後，幼龜會尋找大陸邊緣適合的覓食棲地待著然後長大，只是目前沒有文獻能夠指出幼龜在其覓食棲地會棲息多久，是否會一直轉換覓食棲地呢?所以以本研究所追蹤的編號 68329 綠蠐龜，他可能尋找覓食棲地過程中經過東沙而被大海中飄浮的廢棄漁網纏繞，因此當牠康復後，並無在東沙環礁海域停留太久，而一路南下直到菲律賓巴拉望島南

端，並在這個海域待了將近 2 個月(7 月 20 日至 9 月 26 日)，因為在淺海且綠蠵龜有磨背甲的習慣，因此在該海域的訊號很差，但可以顯示編號 68329 的綠蠵龜找到了牠暫時的覓食棲地。

本研究其餘 6 隻幼龜，有從新北市富基漁港來的、有從臺東金樽漁港來的，有從小琉球大福漁港來的等，在康復後洄游路徑顯示，皆以返回原救援地附近海域為終點，並在那邊待到訊號結束(表 4-1)。除了編號 71912-1 號綠蠵龜有將其帶回被救援地附近沙灘野放外，其餘綠蠵龜皆在海口港沙灘、後灣村沙灘或是墾丁砂島保護區沙灘野放，距離其原救援地相差好幾百公里遠，但確還是能回到原救援地附近海域棲息。如編號 65435 綠蠵龜，牠原是在屏東縣滿洲鄉南仁安檢所外，因發現被廢棄漁網纏繞所以救援，康復後因為配合編號 71912-1 號綠蠵龜，所以一起被帶到小琉球大福漁港旁沙灘野放，從編號 65435 綠蠵龜的洄游路徑發現(圖 16)，牠曾在台灣海峽南端徘徊，後來到了墾丁南灣海域，待了將近 15 天後也是延著台灣東部海域北上，最後於 2016 年 12 月 24 日抵達南仁安檢所北側海域並在那邊停留將近 3 個月的時間，直到 2017 年 3 月 21 日衛星發報器訊號結束。

如編號 41788 綠蠵龜，牠來自新北市富基漁港救援上來的綠蠵龜，是漁船在沿近海作業時被漁網誤捕，經過 4 個月的治療，在屏東縣車城鄉後灣村野放，在野放後的一個月內牠就抵達了新北市淡水河外海，並在附近海域待了 3、4 個月直到訊號結束(圖 10、圖 11)。

如編號 71912-2 綠蠵龜，牠來自臺東縣金樽漁港，因被漁船誤捕而送國立海洋生物博物館治療，經休養 2 個月後，於墾丁砂島保護區野放，牠在墾丁南灣海域、屏東縣滿洲鄉外海活動了 1 個多月

後，在同年的 7 月 14 日北上到了臺東縣東河鄉外海靠近金樽漁港，依有效位置訊號顯示，該綠蠵龜在那海域待了 1 個多月(圖 24、圖 25)。

表 3、綠蠵龜救援地與衛星追蹤結束位置表

NO.	1	3	4	5	6	7	9
種類	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜	綠蠵龜
年齡	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜	幼龜
野放時間	2013/5/7	2013/12/9	2014/5/31	2016/11/8	2016/11/8	2017/4/9	2018/5/22
野放地點	東沙島	墾丁後壁湖	車城後灣村	小琉球	小琉球	車城海口港	墾丁砂島保護區
衛星編號	68329	71914	41788	71912	65435	53770	71912
SCL(cm)	41	58.2	42.1	53.8	49.2	60.5	48
CCL(cm)	42	61	45	57.3	51.6	64.9	51.2
Weight (kg)	9.1	26	9.78	21	15.38	30.08	13.9
救援地	東沙	滿洲鄉 南仁安檢所	新北市 富基漁港	小琉球 大福西漁港	滿洲鄉 南仁安檢所	屏東縣 車城鄉	臺東縣 金樽漁港
追蹤結束地	菲律賓巴拉望 島南方	滿洲鄉旭海	新北市淡水河出 海口北側	小琉球 大福西漁港	滿洲鄉南仁安檢 所北邊海域	恆春外海	臺東縣金樽漁港 南側海域

二、綠蠔龜對於覓食棲地之選擇：

綠蠔龜一生中 95% 以上的時間都待在水面下，剛破殼的稚龜一下海後便進入大洋漂流期 (Carr and Meylan, 1980; Carr, 1986)，並以漂流藻團下的浮游生物為食 (Carr and Meylan, 1980)。當稚龜成長約一至數年後，便會結束其浮游期的生活，選擇一個食物豐盛的近海域，並以此地為其攝棲地。幼龜、亞成龜及成龜會居住在沿岸的珊瑚礁及海草床區，過者以海草及大型藻類為主食的底棲性生活，因為體內脂肪富含食物中的葉綠素，而成墨綠色，所以才有綠蠔龜 (green turtle) 的稱號。

臺灣的硬底質(岩礁)海岸主要分佈在北海岸、東北角、花蓮、台東、恆春半島和各離島沿岸(如圖 26)。其中北部海岸、東北角、花蓮至台東海岸主要是岩石底質構成，局部地區有一些珊瑚骨骼或塊狀的生物礁，非礁型珊瑚礁群聚；恆春半島和蘭嶼、綠島、小琉球等處的海岸，大多為上升珊瑚礁構成的海岸；桃園縣觀音鄉至新屋鄉，以及新北市的三芝到石門區則為藻礁海岸，主要由殼狀珊瑚藻及其他鈣化生物形成的石灰岩礁體。這些礁岩區主要生產者為大型海藻，包括各種綠藻、褐藻和紅藻等，皆為綠蠔龜主要的食物。(詹森等，2018)

由本研究所追蹤綠蠔龜的洄游路徑，也可發現綠蠔龜的活動熱點區域，皆落在生物礁的分佈範圍內，其中以編號 88054 綠蠔龜最為明顯。該綠蠔龜因為身體外有腫瘤的原因在國立海洋生物博物館收容長達 4 年之久，經獸醫醫治後康復，因為長期收容，擔心其野放後會有獨立覓食的困難性，但因為該海龜已經成熟，因此在綠蠔龜野外族群量稀少的考量下，還是選擇野放。野放後追蹤發現其衛星訊號品質良好且一直出現在海口港附近(如圖 20)，一度擔心編號 88054 綠蠔龜是否因為身體狀況擱潛於岸上，但是卻無法尋獲該海

龜蹤跡，卻發現該處的珊瑚礁槽溝中有大量的馬尾藻，研判該海龜會在漲潮時進來覓食，這與澳洲的研究發現南太平洋中間島嶼有96%的海龜在產後都會往斐濟群島移動，因為斐濟有相當豐富的海草床與大型藻類區域。(Read TC et al., 2014)

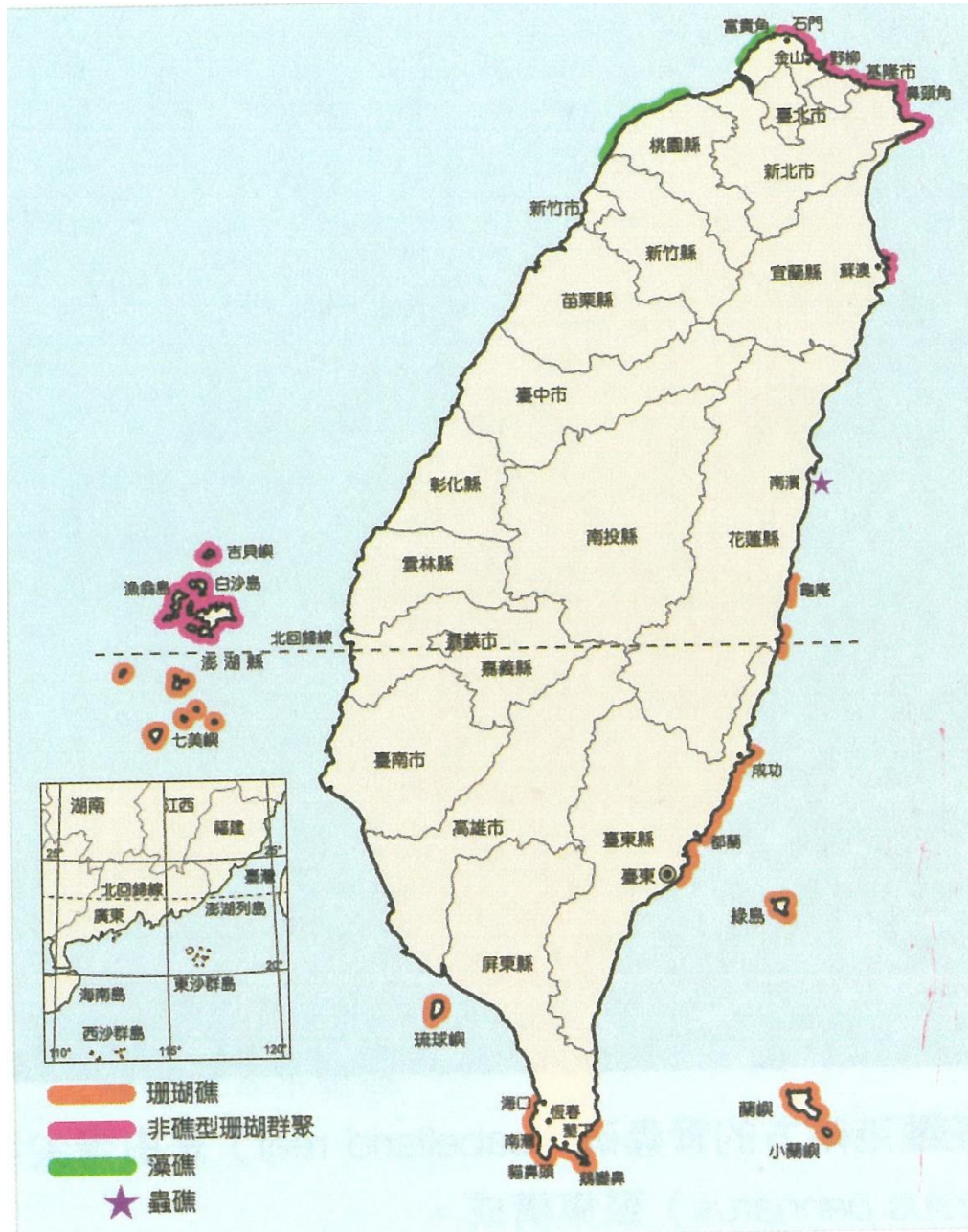


圖 26、臺灣海域擁有多樣的生物礁生態系(詹森等，2018)

墾丁國家公園管理處 100 年委託國立屏東科技大學執行「琅嶠卑南古道(安朔-旭海段周遭)資源調查(一)」計畫，調查結果顯示觀

音鼻南北端之間(包含礫岸、岩礁岸及砂岸區)的海岸邊可發現時常浮出水面換氣並且應在該處覓食的綠蠵龜(如圖 27)。另外，103 年委託中央研究院生物多樣性研究中心執行「103 年墾丁國家公園海域分區的檢討與規劃」計畫，調查結果顯示在鼻頭礁與南仁安檢所附近海域，雖然活珊瑚的覆蓋率僅有 12-36%，但大型藻類的覆蓋率卻可以達 60-100%(如圖 28)。將本研究的康復後綠蠵龜洄游路徑與上述結果於 google map 呈現，顯示這些區域是綠蠵龜活動熱點(如圖 29)，因此顯示大型藻類分佈的範圍與綠蠵龜活動範圍有密切關係。

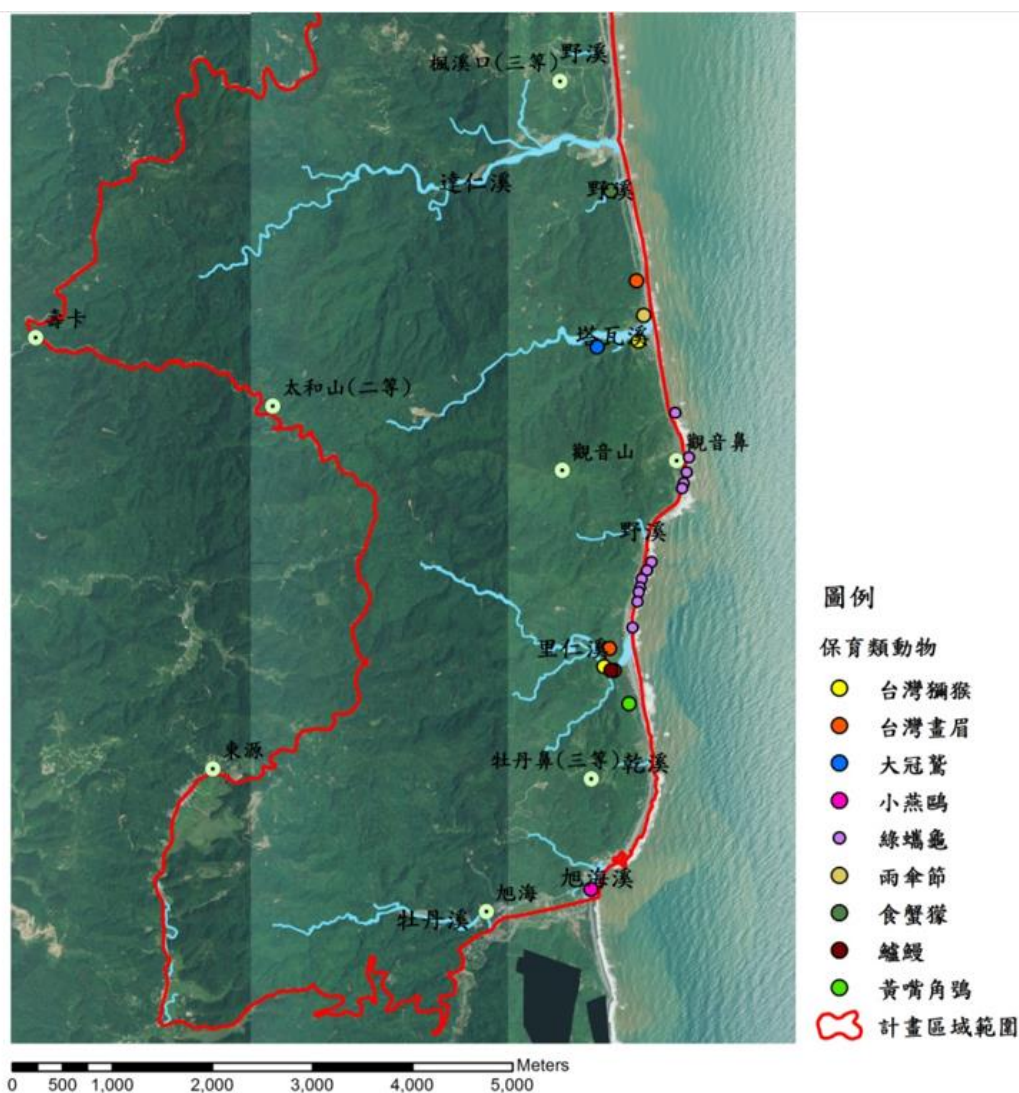


圖 27、保育類生物分佈圖(陳朝圳等，2011)

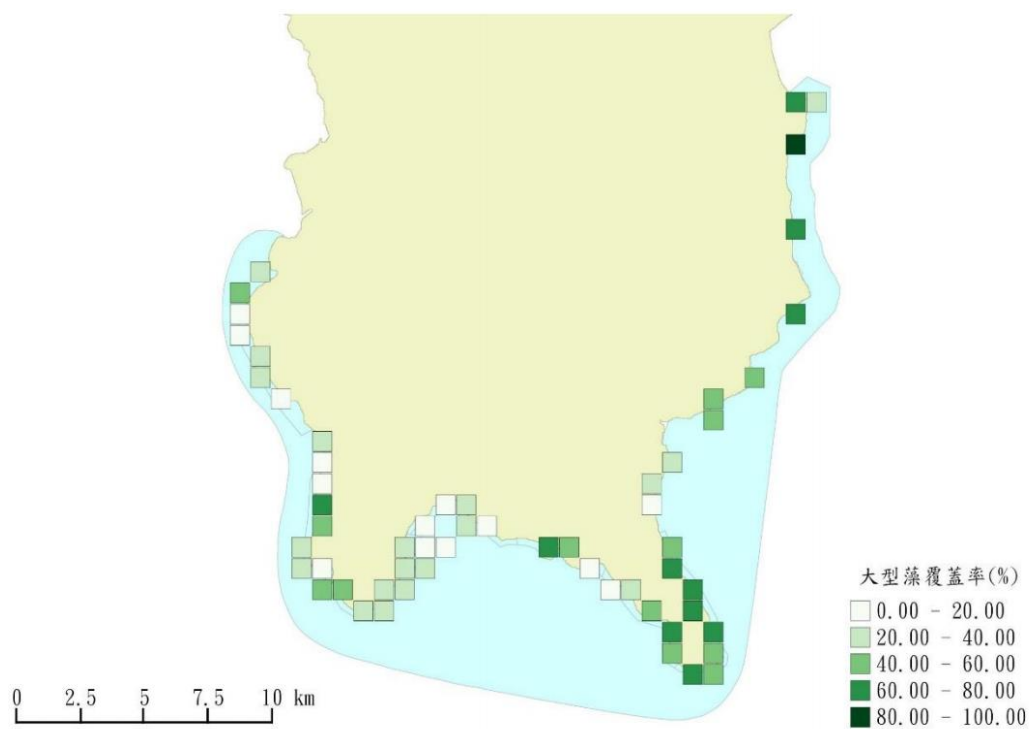


圖 28、大型藻類覆蓋率之熱點分析圖(陳昭倫等，2014)

第四章 參考文獻

陳朝圳(2011)。琅嶠卑南古道(安朔-旭海段周遭)資源調查(一)。墾丁國家公園管理處。

陳昭倫(2014)。103年墾丁國家公園海域分區的檢討與規劃。墾丁國家公園管理處。

詹森主編(2018)。臺灣區域海洋學第二版。臺北市：臺大出版中心出版。

程一駿(2017)。臺灣海龜救傷通報網的功能。台灣林業，Vol.43 No.2。

Argos,(1996). *User's Manual*. Argos/CLS, Toulouse.

Argos, (2011). *User's Manual*. Argos/CLS, Toulouse.

Balazs, G. H. 1976. Green turtle migrations in the Hawaiian Archipelago. *Biol. Conserv.*, 9:125–140.

Balazs, G. H. 1980. Synopsis of biological data on the green turtle in the Hawaiian Islands. NOAA Tech. Memor. NMFSSWFSC-7.

Balazs, G. H. 1994. Homeward bound: satellite tracking of hawaiian green turtles from nesting beaches to foraging pastures. *In: Schroeder, B. A. and Witherington, B. E. (eds), Proc. 13th Ann. Symp. on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Tech Memo NMFS-SEFSC-341:205–208.

Balazs, G. H., Craig, P., Winton, B. R. and Miya, R. K. 1994. Satellite telemetry of green turtles nesting at French Frigate Shoals, Hawaii, and Rose Atoll, American Samoa. *In: Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., Johnson, D. A. and Eliazar, P. J. (eds), Proc. 14th Ann. Symp. on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Tech Memo NMFSSEFSC-351:184–187.

Byles R.A., Keinath J.A. 1990. Satellite monitoring sea turtles. *Richardson TH (ed) Proceedings of the 10th annual workshop on sea turtle biology and conservation*. NOAA (Natl Ocean

- Atmos Adm) Tech Memo NMFS (Natn Mar Fish Serv) SSRF (Spec Sci Rep Fish) 278: 73–75.
- Carr, A. 1967. Adaptive aspects of the scheduled travel of *Chelonia*. *Storm R (ed) Animal orientation and navigation*. Proceedings of the 27th annual biology colloquium. Oregon State University Press, Corvallis. 35–53.
- Carr, A. and R.E. Schroder. 1967. Caribbean green turtle, imperiled gift of the sea. *Nat'l Geographic J.*, 131:876-890.
- Carr, A. 1986. Rips, FADS, and little loggerheads. *Bioscience*. 36:92–100.
- Carr, A. and Meylan, A. B. 1980. Evidence of passive migration of green turtle hatchlings in sargassum. *Copeia*(1980). 162:366–368.
- Cheng, I. J. 2000. Post-nesting migrations of green turtles (*Chelonia mydas*) at Wan-An Island, Penghu Archipelago, Taiwan. *Mar. Biol.* 137:747–754.
- Cheng, I. J. and Yu-Huai Wang. 2009. Influence of surface currents on post-nesting migration of green sea turtles nesting on Wan-An island, Penghu archipelago, Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 17, No. 4, pp. 306-311.
- Gaos, A. R., Lewison, R. L., Wallace, B. P., Yañez, L. M. Y., Nichols, W. J., Baquera, A., Seminoff, J. A. (2012). Spatial ecology of critically endangered hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata*: Implications for management and conservation. *Marine Ecology Progress Series*, 450, 181–194.
- Hendrickson, J. R. (1980). The ecological strategies of sea turtles. *Am. Zool.* 20:597–608.
- Laber, M., and C. Waller. (1994). Diel movement pattern of green turtle (*Chelonia mydas*) at Kiholo Bay, Hawaii, p.36–45. In J.A. Curtis and G. Jones [eds], *Proceeding of the Nineteenth Annual Student Symposium on Marine Affairs. A Publication of the Hawaiian Academy of Science*, Honolulu, Hawaii.

- Parker, D. M., Balazs, G. H., King, C. S., Katabira, L., & Gilmartin, W. (2009). Short-range movements of Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) from nesting to foraging areas within the Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 63, 371–382.
- Read TC, Wantiez L, Werry JM, Farman R, Petro G, et al. 2014. Migrations of Green Turtles (*Chelonia mydas*) between Nesting and Foraging Grounds across the Coral Sea. *PLoS ONE*.9(6): e100083.
- Stoneburner, D. L. 1982. Satellite telemetry of loggerhead sea turtle movement in the Georgia Bight. *Copeia*.(1982):400–408
- Taillade M. 1992. Animal tracking by satellite. In: Priede IG, Swift SM (eds) *Wildlife Telemetry*. Horwood, New York, pp 149–160.