



海洋委員會海洋保育署  
OCEAN CONSERVATION ADMINISTRATION,  
OCEAN AFFAIRS COUNCIL

113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查

(案號：113-C-41)

成果報告書

執行單位 | 社團法人台灣咾咕嶼協會

中華民國 113 年 12 月

Ocean  
Council





## 摘要

本研究針對 2024 年小琉球綠蠵龜的生殖生態進行調查，涵蓋母龜產卵、稚龜孵化、生態環境與微生物分析等多面向研究，並對保育措施及未來研究方向提出建議。結果顯示，小琉球平均每年有 3 隻母龜上岸產卵，今年的數據符合歷年平均，但整體孵化率偏低，僅 40%。低孵化率的主因包括海水淹沒、溫度過高或降雨導致的溫度驟降等環境壓力。此外，產卵季節和沙灘特性對母龜產卵行為有顯著影響，肚仔坪沙灘為最主要產卵地點，產卵成功率相對較高。

本計畫共進行 1 月至 12 月每月一次空拍調查調查，結果顯示，沿岸海龜平均數量為 514 隻次；拍攝單次海龜數量最高為 10 月，共 954 隻次，數量最低為 1 月 77 隻次。沿岸綠蠵龜熱點為『肚仔坪沿岸』，1 至 12 月平均 113 隻；其次為『龜仔路腳→漁福漁港』，1 至 12 月平均 85 隻次；海龜數量最少之區域為『大福亭→龜仔路腳』及『中澳→花瓶岩』1 月至 12 月平均 8 隻次。

此外，微生物分析顯示卵窩中革蘭氏陰性菌為主要菌群，其中部分弧菌具有公共衛生風險，但抗藥性指標低於台灣其他海龜群體。

為改善小琉球的綠蠵龜保育成效，建議採取以下措施：增強天然植被保護，進行卵窩遮陰與降溫試驗，減少人為干擾，並加強社區參與與環境教育。同時，應繼續累積長期監測數據，深入分析沙灘特性與氣候變化對海龜繁殖的影響，並透過夜視監控技術與食性調查，進一步優化保育管理策略。

本研究對於理解小琉球綠蠵龜的生殖生態及保育挑戰提供了重要依據，期望未來可藉由多層次的研究與保育措施，促進綠蠵龜族群的穩定繁衍與棲地永續發展。

## Abstract

This study investigated the reproductive ecology of green sea turtles in Liuqiu in 2024, covering various aspects such as nesting by female turtles, hatching emergence, habitat environment, and microbiological analysis. It also provided recommendations for conservation measures and future research directions. The results showed that, on average, three female turtles nested annually in Liuqiu, with this year's data aligning with the historical average. However, the overall hatching success rate was low, at only 40%. The primary causes of low hatching rates included environmental pressures such as seawater inundation, high temperatures, or abrupt temperature drops caused by rainfall. Furthermore, the nesting season and beach characteristics significantly influenced the nesting behavior of female turtles, with Duziping Beach being the main nesting site, where nesting success rates were relatively high.

Monthly drone surveys were conducted from January to December, and the results indicated an average of 514 turtle sightings along the coast. The highest number of turtles recorded in a single survey occurred in October, with 954 sightings, while the lowest was in January, with 77 sightings. The coastal hotspot for green sea turtles was "Duziping Coast," with a monthly average of 113 turtles from January to December. This was followed by "Guizilujiao → Yufu Fishing Port," with a monthly average of 85 sightings. The regions with the fewest turtles were "Dafu Pavilion → Guizilujiao" and "Zhongao → Vase Rock," averaging 8 sightings per month.

Additionally, microbiological analysis revealed that Gram-negative bacteria were the predominant group in the nests, with some *Vibrio* species posing public health risks, although their antibiotic resistance indicators were lower compared to other sea turtle populations in Taiwan.

To improve the conservation effectiveness of green sea turtles in Liuqiu, the following measures are recommended: enhancing the protection of natural vegetation, conducting shading and cooling experiments for nests, reducing human disturbances, and strengthening community involvement and environmental education. Furthermore, it is essential to continue long-term monitoring, analyze the effects of beach characteristics and climate change on turtle reproduction, and optimize conservation management strategies through technologies such as night vision monitoring and dietary studies.

This study provides a critical basis for understanding the reproductive ecology and conservation challenges of green sea turtles in Liuqiu. It is hoped that future multi-level research and conservation efforts will promote the stable reproduction of green sea turtle populations and ensure the sustainable development of their habitats.



# 目錄

摘要.....	I
Abstract .....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VIII
壹、 計畫概要 .....	1
一、 計畫緣起： .....	1
二、 計畫年期：113 年度.....	2
三、 總計畫經費：190 萬元整.....	2
四、 計畫工作內容與目標： .....	2
五、 計畫執行進度： .....	3
貳、 計畫執行方式.....	4
參、 文獻回顧 .....	5
肆、 研究方法 .....	11
一、 研究地點及其環境背景資料 .....	11
二、 母龜生殖生態調查 .....	14
三、 龜卵孵化生理資料調查.....	21
四、 稚龜孵化調查 .....	27
五、 巡護志工培訓及環境教育講座 .....	30
六、 周邊海域海龜活動範圍調查 .....	34
七、 協助辦理相關行政業務並提供專業諮詢.....	38
八、 本團隊創意構想 .....	39
伍、 研究結果 .....	40
一、 2024 年小琉球氣候資料搜集 .....	40
二、 小琉球綠蠵龜產卵棲地背景分析 .....	43
三、 母龜生殖生態調查 .....	47
四、 龜卵孵化生理資料調查.....	60
五、 稚龜孵化調查 .....	74
六、 卵窩溫度降溫試驗 .....	75
七、 巡護志工培訓及環境教育講座 .....	76
八、 周邊海域海龜活動範圍調查 .....	89

陸、	討論	95
一、	母龜生殖生態調查	95
二、	龜卵孵化調查	101
三、	微生物分析	103
四、	稚龜孵化調查	103
五、	卵窩溫度降溫試驗	105
六、	周邊海域海龜活動範圍調查	106
七、	巡護志工培訓及環境教育推廣	107
柒、	結論	108
捌、	建議	110
玖、	參考文獻	112
	附件一、期末報告評選委員會委員意見回覆	120
	附件二、期中報告評選委員會委員意見回覆	127
	附件三、2024 年 2-10 月排班表	133
	附件四、2024 年產卵母龜卵窩孵化率調查資料表	143
	附件五、志工培訓簽到表	145
	附件六、預約試講座簽到表	149



## 圖目錄

【圖 1】綠蠵龜移動路徑 .....	9
【圖 2】小琉球綠蠵龜產卵沙灘位置圖 .....	11
【圖 3】小琉球 2014 年至 2024 年降雨量變化圖 .....	13
【圖 4】2004 年至 2024 年海水表面溫度變化表 .....	13
【圖 5】量測工具：皮尺 .....	15
【圖 6】投標器及藍芽溫度計 .....	16
【圖 7】卡尺 .....	16
【圖 8】打標器及金屬標 .....	16
【圖 9】金屬標籤施打位置示意圖 .....	17
【圖 10】小琉球之海龜上岸產卵的初步概念模式 .....	18
【圖 11】卵窩微生物採樣試管 .....	22
【圖 12】漁埕尾沙灘改善海龜卵窩溫度之實驗位置示意圖 .....	25
【圖 13】無日曬-全遮光組設置示意圖(摘錄自 Staines et al., 2020) .....	26
【圖 14】日光遮蔽組設置示意圖(摘錄自 Reboul et al., 2021) .....	26
【圖 15】游標卡尺及電子秤 .....	27
【圖 16】卵窩孵化後之死亡綠蠵龜(稚龜)於組織切片染色之性腺特徵。 .....	28
【圖 17】2023 年度本團隊海龜巡守志工培訓 .....	31
【圖 18】三角廣場位置示意圖 .....	32
【圖 19】2023 年執行海龜生殖生態解說活動照片 .....	33
【圖 20】2022 年本團隊執行卵窩挖掘作業時現場與遊客進行解說工作 .....	33
【圖 21】紅色區域為小琉球禁飛區 .....	34
【圖 22】小琉球周邊海域調查空拍區段圖 .....	35
【圖 23】空拍海龜前肢示意圖 .....	36
【圖 24】空拍計算示意圖 ( 共 10 隻 ) .....	36
【圖 25】相關設計初稿 .....	38
【圖 26】2024 年小琉球 4 月至 9 月氣溫雨量圖 .....	40
【圖 27】2024 年 4 月至 10 月風速與潮汐關係圖 .....	42
【圖 28】中澳沙灘面積範圍 .....	43
【圖 29】肚仔坪沙灘面積範圍 .....	44
【圖 30】美人洞沙灘面積範圍 .....	44
【圖 31】魚程尾沙灘面積範圍 .....	45

【圖 32】蛤板灣沙灘面積範圍 .....	45
【圖 33】龍蝦洞沙灘面積範圍 .....	46
【圖 34】2011 年-2024 年小琉球產卵母龜數量變化圖 .....	48
【圖 35】2024 年肚仔坪沙灘產卵區域圖示 .....	50
【圖 36】2024 年產卵母龜 TWOCA4425 產卵位置圖 ( 肚仔坪沙灘 ) .....	50
【圖 37】2024 年產卵母龜 TWOCA0610 產卵位置圖 ( 中澳沙灘 ) .....	52
【圖 38】中澳沙灘卵窩警示欄杆設置 .....	52
【圖 39】2024 年漁埕尾沙灘產卵區域圖示 .....	54
【圖 40】2024 年產卵母龜 TWOCA0723 產卵位置圖 ( 漁埕尾沙灘 ) .....	54
【圖 41】2024 年小琉球海域環境因子對海龜上岸之影響模式圖 .....	58
【圖 42】2024 年小琉球海域棲地對海龜上岸之影響模式圖 .....	59
【圖 43】2024 年肚仔坪卵窩死亡階段趨勢圖 .....	61
【圖 44】2024 年中澳沙灘卵窩死亡階段趨勢圖 .....	62
【圖 45】2024 年漁埕尾沙灘卵窩死亡階段趨勢圖 .....	63
【圖 46】肚仔坪 N.2 孵化溫度變化圖 .....	66
【圖 47】肚仔坪 N.3 孵化溫度變化圖 .....	66
【圖 48】肚仔坪 N.5 孵化溫度變化圖 .....	66
【圖 49】肚仔坪 N.6-2 孵化溫度變化圖 .....	67
【圖 50】肚仔坪 N.9 孵化溫度變化圖 .....	67
【圖 51】中澳 N.1 孵化溫度變化圖 .....	68
【圖 52】中澳 N.2 孵化溫度變化圖 .....	68
【圖 53】漁埕尾 N.1 孵化溫度變化圖 .....	68
【圖 54】漁埕尾 N.2 孵化溫度變化圖 .....	68
【圖 55】漁埕尾 N.3 孵化溫度變化圖 .....	69
【圖 56】卵窩孵化後之死亡綠蠵龜(稚龜)於組織切片染色之性腺特徵 .....	74
【圖 57】海龜培訓課程紀錄 .....	76
【圖 58】街頭開講活動紀錄 .....	78
【圖 59】預約制講座宣傳海報 .....	80
【圖 60】預約試講座活動紀錄 .....	80
【圖 61】小小巡查員培訓課程紀錄 ( 琉球國小 ) .....	81
【圖 62】小小巡查員體驗海龜保育紀錄照 .....	81
【圖 63】宣傳用明信片 .....	82
【圖 64】民信片放置攤位紀錄 .....	82



【圖 65】自助式餐點.....	83
【圖 66】海龜生態分享.....	83
【圖 67】成果分享會現場照.....	84
【圖 68】幼稚園海龜生態課.....	84
【圖 69】以遊戲引導孩童遇到海龜做出蹲下之行為.....	84
【圖 70】模擬協助海龜救傷行動.....	85
【圖 71】樂齡長者們齊跳海龜舞.....	86
【圖 72】禮品示意圖.....	86
【圖 73】禮品選購上遵循綠色產品、友善環境.....	87
【圖 74】樂齡長者分享海龜經驗.....	87
【圖 75】樂齡長者分享海龜經驗.....	88
【圖 76】樂齡長者挑選禮品.....	88
【圖 77】2024 年 1 至 12 月小琉球周邊海域各區段平均海龜數量分佈圖.....	90
【圖 78】2023 年 1 至 12 月小琉球周邊海域各區段平均海龜數量分佈圖.....	90
【圖 79】海龜進入淺灘區域活動空拍圖 ( 龜仔路腳區域 ) .....	91
【圖 80】淺灘區域空拍圖 ( 龍蝦洞沙灘區域 ) .....	92
【圖 81】2024 年 1-9 月小琉球周邊海域海龜活動熱點圖.....	93
【圖 82】2024 年 10-12 月小琉球周邊海域海龜活動熱點圖.....	94
【圖 83】1997 年至 2024 年蘭嶼產卵母龜數量變化圖.....	95
【圖 84】1992 年至 2024 年望安產卵母龜數量變化圖.....	96
【圖 85】2011 年至 2024 年小琉球產卵母龜數量變化圖.....	96
【圖 86】2024 年 6 月龍蝦洞沙灘 .....	102
【圖 87】2024 年 7 月龍蝦洞沙灘 ( 颱風過後 ) .....	102
【圖 88】2024 年 11 月龍蝦洞沙灘 ( 再次經歷颱風 ) .....	102

## 表目錄

【表 1】小琉球 2014 年至 2024 年氣溫變化表 .....	12
【表 2】小琉球夜間巡守排班表 .....	14
【表 3】綠蠵龜產卵行為定義表 .....	15
【表 4】真菌 PCR 設定條件 .....	23
【表 5】細菌 PCR 設定條件 .....	23
【表 6】改善海龜卵窩溫度之實驗設置表 .....	25
【表 7】志工培訓課程表 .....	31
【表 8】海龜生殖生態解說活動課程表 .....	32
【表 9】2024 年 1 月至 11 月月均溫資料表 .....	41
【表 10】2024 年 1 月至 11 月月雨量資料表 .....	41
【表 11】2024 年 4 月至 10 月風速與潮汐資料表 .....	42
【表 12】小琉球沙灘基礎資料搜集 .....	43
【表 13】2024 年綠蠵龜產卵母龜標號記錄表 .....	47
【表 14】2022-2024 年綠蠵龜直線與曲線背甲長寬測量數據表 .....	48
【表 15】113 年小琉球產卵母龜記錄表-肚仔坪沙灘 .....	49
【表 16】113 年小琉球產卵母龜記錄表-中澳沙灘 .....	51
【表 17】113 年小琉球產卵母龜記錄表-漁埕尾沙灘 .....	53
【表 18】2024 年產卵母龜產卵時間記錄表 .....	55
【表 19】2024 小琉球綠蠵龜產卵行為時間紀錄 .....	56
【表 20】2024 小琉球肚仔沙灘坪卵窩孵化率紀錄 .....	60
【表 21】2024 小琉球中澳沙灘卵窩孵化率紀錄 .....	61
【表 22】2024 小琉球漁埕尾沙灘卵窩孵化率紀錄 .....	62
【表 23】卵窩孵化溫度資料表 .....	65
【表 24】2022 年至 2024 年小琉球卵窩孵化狀況記錄表 .....	70
【表 25】小琉球海龜細菌分離與鑑定結果 .....	71
【表 26】小琉球海龜弧菌藥物感受性試驗結果 .....	73
【表 27】2024 卵窩溫度降溫試驗各組平均溫度、最高溫、最低溫及平均日溫差之紀錄 .....	75
【表 28】2024 年 3 月 5 日島內志工培訓活動流程 .....	76
【表 29】2024 年街頭開講活動辦理人數表 .....	77
【表 30】2024 年預約試講座活動辦理人數表 .....	77



【表 31】2024 年海龜生態講座滿意度調查分析表.....	79
【表 32】2024 海龜生態講座活動資訊來源調查分析表.....	79
【表 33】2023 年至 2024 年小琉球週邊海岸綠蠵龜數量調查表 .....	89





## 壹、計畫概要

### 一、計畫緣起：

綠蠵龜 (*Chelonia mydas*) 是我國海洋保育類野生動物，臺灣過去曾有綠蠵龜、玳瑁和赤蠵龜上岸產卵的紀錄，然而因棲地破壞及過度捕殺，產卵母龜的數量驟減，在臺灣主要的產卵地為澎湖、蘭嶼、小琉球及南沙群島的太平島。覓食地則遍佈全臺周圍海域，如小琉球、恆春半島、綠島、澎湖等，其中又以小琉球與太平島的綠蠵龜覓食族群數量最多。根據海洋保育署（以下簡稱海保署）108 年及 110 年調查顯示，小琉球不僅是海龜（幼龜、亞成龜及成龜）覓食棲地，亦是臺灣綠蠵龜穩定產卵棲地之一，由 112 年空拍調查顯示，在琉球嶼周邊海域棲息的海龜數量平均為 556 隻次。在 112 年一整年度以空拍機方式調查小琉球周邊海龜族群分布，結果發現海龜族群密度分布不均，但藻類豐富並集中分佈於離岸水深 30 米內的亞潮帶及潮間帶，其中平坦的潮間帶礁台如多仔坪（又稱肚仔坪）潮間帶更是綠蠵龜集中的覓食區域；小琉球綠蠵龜產卵沙灘主要有 7 個區域，包含龍蝦洞沙灘、中澳沙灘、美人洞沙灘、蛤板灣沙灘、漁埕尾沙灘、肚仔坪沙灘及網美老木沙灘，其中肚仔坪及漁埕尾為潮間帶保育示範區範圍。

屏東縣琉球鄉產卵沙灘莫約於 100 年展開生殖生態學研究，並曾評估設立小琉球綠蠵龜野生動物保護區。從歷年調查顯示小琉球周圍海域雖有數量龐大的海龜活動，但上岸產卵的母龜數量卻少於望安及蘭嶼，近來相關研究亦以海龜食性及活動分佈調查居多。

由於近年來氣候變遷，海水溫度較高，小琉球在 111 年觀察到 3 月有母龜上岸產卵的紀錄，在 112 年則觀察到 2 月以母龜上岸產卵紀錄。雖然 111 年突破往年紀錄，有 7 頭海龜上岸產卵，但 112 年卻僅有 1 隻母龜上岸產卵，而且還是未記錄過的新母龜。顯示小琉球在母龜生殖生態調查更需要長期監測。因受全球暖化與海水溫度上升的影響，小琉球母龜可能有提早產卵的跡象，再加上小琉球近幾年遊客數大增，人為活動與海龜產卵沙灘重疊性太高，恐會干擾母龜上岸產卵意願。

為瞭解綠蠵龜母龜對於小琉球產卵棲地利用程度，及稚龜孵化情形，以進行小琉球產卵母龜生殖生態學研究，並探討人類活動對綠蠵龜生存影響，本計畫針對小琉球潛在產卵沙灘持續進行產卵母龜生殖調查，同步進行小琉球周邊海域海龜活動範圍調查。另為使在地居民及遊客了解小琉球海龜相關知識，辦理海龜生殖生態解說，以達保育推廣之效。

## **二、計畫年期：113 年度**

## **三、總計畫經費：190 萬元整**

## **四、計畫工作內容與目標：**

本計畫旨在調查產卵母龜的生殖生態、周邊海域的海龜活動範圍，並推廣海龜保育知識，主要工作如下：

### **(一) 母龜生殖生態調查**

1. 夜間巡守小琉球產卵沙灘，記錄母龜體長、產卵位置及相關生殖數據。
2. 若需移動龜卵，依專家建議進行並填寫紀錄表。

### **(二) 稚龜孵化調查**

1. 於龜卵孵化前後巡查卵窩，檢查稚龜狀況，適時野放或送交處理。
2. 利用死亡稚龜進行研究，保留部分樣本。

### **(三) 龜卵孵化與生理調查**

1. 記錄卵窩孵化率及死亡率，分析微生物與溫度對孵化的影響。
2. 進行模擬試驗以改善卵窩環境。

### **(四) 志工培訓與教育推廣**

1. 舉辦志工培訓及環境教育活動，旺季期間辦理至少 5 場解說活動。

### **(五) 周邊海域調查**

1. 每月利用空拍機調查海龜活動範圍，建立 GIS 資料庫。

### **(六) 行政協助與專業諮詢**

1. 協助衛星發報器裝設。
2. 撰寫保育指引及相關報告。

### **(七) 成果要求**

1. 定期提交符合規範的報告及原始數據。
2. 提供至少 60 至 150 張生態紀錄照片及一部 30 分鐘以上的影片，包含母龜產卵、稚龜孵化及教育宣導內容。

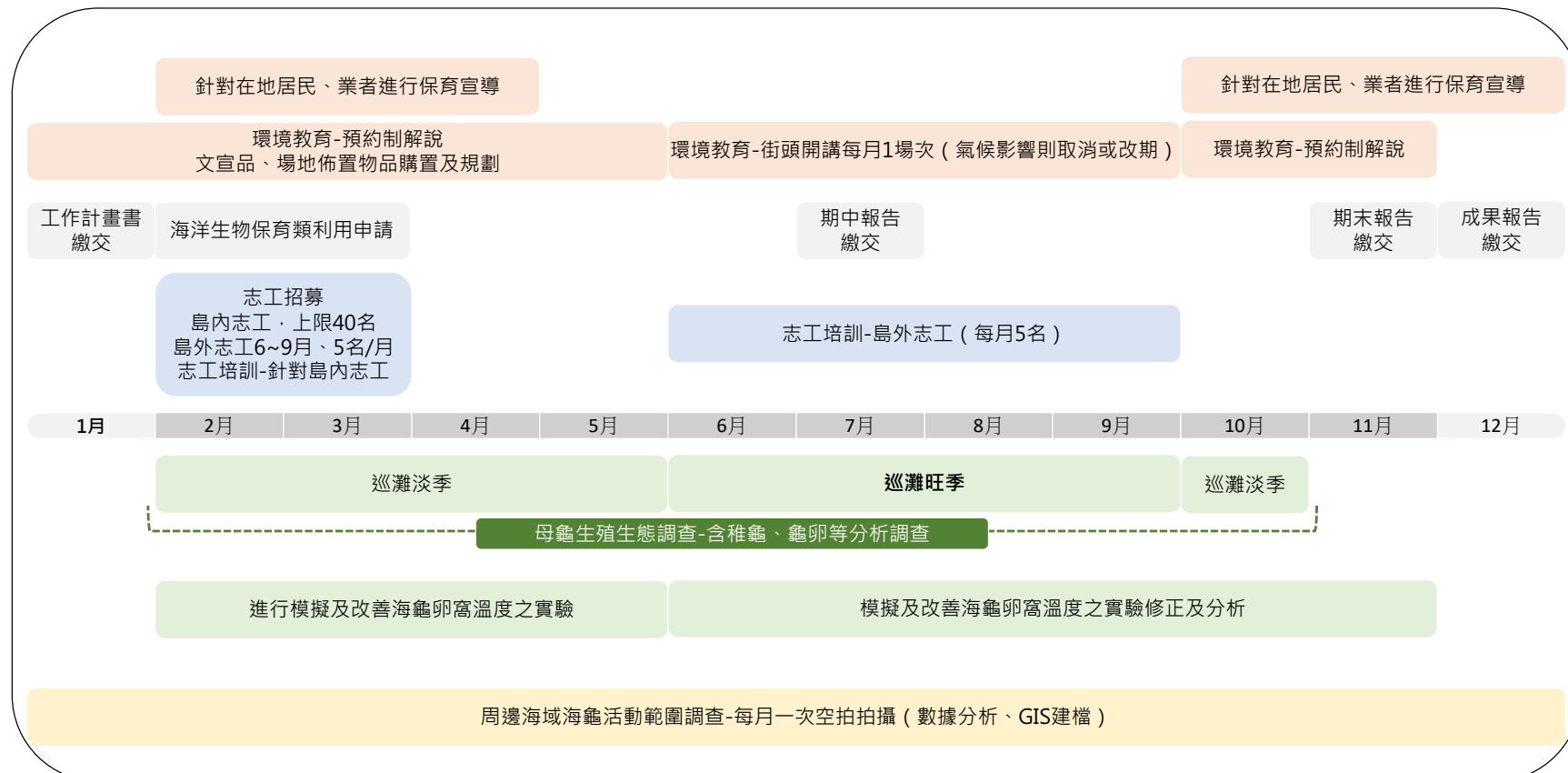


## 五、計畫執行進度：

工作項目	年份	2024年											
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(一)母龜生殖生態調查													
3-10月小琉球全島潛在產卵沙灘夜間巡守、進行產卵母龜金屬標誌標放，並記錄產卵母龜體長等相關資料。													
(二)稚龜孵化調查													
龜卵預計孵化日前後3天進行卵窩巡查、進行死亡稚龜樣本取樣、稚龜性腺切片分析。													
(三)龜卵孵化生理資料調查													
於卵窩孵化期過後，進行挖掘有標示之卵窩，計算孵化率、產卵數，並記錄每窩龜卵的未受精、孵化中死亡及孵化後死亡率。利用卵窩中沙及腐壞的龜卵進行卵窩微生物分析，於卵窩放置溫度計進行溫度監測，以分析天然植被對小海龜性別偏差的緩解效應，及探討氣候變遷對於稚龜孵化的影響。													
模擬及改善海龜卵窩溫度之實驗													
(四)巡護志工培訓及環境教育講座													
辦理2場次海龜調查志工培訓說明活動。													
5-9月旅遊旺季時，針對遊客及在地居民辦理至少5場次海龜生殖生態解說活動。													
(五)周邊海域海龜活動範圍調查													
每月一次利用空拍機進行調查小琉球周邊海域海龜活動範圍、建立小琉球周邊海域海龜分布GIS資料庫。													
(六)工作報告撰寫及提送													
預定累積進度百分比	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	100	

## 貳、計畫執行方式

本計畫執行重點為「綠蠵龜生態監測研究及環境教育並行」，搭配生態監測與調查，反饋經營管理規範修正。計畫整體執行進度如下圖：





## 參、文獻回顧

臺灣周圍海域的海龜以綠蠵龜(*Chelonia mydas*)最常見(Fong et al., 2010; King et al., 2013; Kuo et al., 2017)。同時臺灣附近海域也是綠蠵龜遷移與攝食的重要場域(Cheng 2000; Cheng et al., 2018, 2019; Ng et al., 2018; Kuo et al., 2017; Li et al., 2020)，例如臺灣南部和小琉球。除綠蠵龜以外，欖蠵龜(*Lepidochelys olivacea*)、玳瑁(*Eretmochelys imbricata*)、赤蠵龜(*Caretta caretta*)及革龜(*Dermochelys coriacea*)等都曾經在臺灣海域被發現，海洋委員會海洋保育署(後稱海保署)亦將這些海龜都列入「海洋保育類野生動物名錄」當中所屬的「瀕臨絕種海洋野生動物」(保育等級屬於 I)。因此，明瞭臺灣海域瀕臨絕種海龜所面臨的各種人為活動造成的威脅，對於海洋保育工作甚為重要。

許多區域的海龜族群數量都因為人類活動的干擾與危害，在逐漸的減少中(Spotila et al., 1996; Chaloupka and Limpus, 2001; Chan, 2006)。此外，因海龜的成長和性成熟時間比較長，以綠蠵龜為例子，我們可以看到當年幼海龜個體成長至背甲長度約 35(20-40)公分左右(Work et al., 2020)，會開始從外海移動至近岸的攝食場域定居，在此時期，海龜體型之成長，每年僅約增加 3 公分(背甲長度)(Summers et al., 2017)，而當個體達到性成熟並繁衍下一代時，可能需要花費 20 至 50 年的時間(Seminoff et al., 2002 and 2003; Shigenaka, 2003)，此一成熟繁衍週期較長的特性，使海龜的野外族群，在面臨人類活動的各種威脅時，顯的更敏感與脆弱(Crouse et al., 1987; Norton, 2005)。再者，綠蠵龜靠近近岸定居後，對於沿近海的覓食場域和產卵棲地的頻繁利用與高度的區域偏好性，還有其本身有著比較長的生命週期等特性，也使在沿近海攝食場域活動的綠蠵龜，更容易受到人類活動的負面衝擊和影響，例如漁業混獲、非法採捕、海洋垃圾、全球環境變遷、環境污染與海岸開發等，前述人類活動皆被認為會對綠蠵龜的野外族群造成威脅(Shigenaka, 2003; Aguirre and Lutz, 2004; Hamann et al., 2010; Pilcher et al. 2014; Perrault et al., 2017; Godoy and Stockin, 2018; Ng et al., 2018b; Parga et al., 2020)。

因此，藉由保育工作的介入，來減少海龜所受到的人為傷害與威脅是有其必要的，如美國、歐洲、亞洲和澳洲等，皆可見海龜救傷設施或單位的成立與運作，在地中海方面，大約有 30 多處的海龜救傷設施或單位，來救治受傷海龜，藉此緩解人類活動對海龜族群的威脅(Ullmann and Stachowitzsch, 2015; Tsai et al., 2019; Chuen-Im et al., 2021)。在這些被救治的海龜當中，如綠蠵龜，其因近岸棲息與覓食、對於攝食場域的偏好以及生命週期較長等因素，所以容易受到人類活動影響而受傷，然而，因海龜多數時間都在水面以下生活，一般人能接觸

到的機會很少，因此，救傷單位的獸醫師，其對於這些海龜所進行的收容、照護、醫療、野放、動物解剖、致病原培養分離與鑑定等工作，便可以增進我們對於海龜擱淺的成因或死亡原因之了解。

收容中心的獸醫師們，可以從獸醫診斷醫學、臨床病理學、流行病學、公共衛生與微生物等觀點(Innis et al., 2014; Orós et al., 2016; Kuo et al., 2017; Li et al., 2017; Li and Chang, 2020; Tsai et al., 2021)來了解傷病擱淺海龜病況、擱淺相關因素的分析。此外，被認為與環境及海龜疱疹第五型病毒 (Chelonid herpesvirus 5; ChHV5) 有關的海龜纖維乳突瘤症 (Fibropapillomatosis; FP)，為一種讓海龜虛弱且本身具有傳染性的疾病，該疾病會對這些喜好生活於熱帶和亞熱帶海域的海龜族群造成嚴重威脅和影響(Aguirre et al., 1998; Page-Karjian et al., 2014)，該疾病過去在亞洲是非常罕見的案例，但是近年來也在臺灣擱淺/收容龜被發現，這些資料讓我們了解到，腫瘤海龜確實存在台灣海域的海龜族群當中，這些罹病海龜體型分布，以近岸定居的青少年/亞成年海龜為主，且多集中於東部海岸，個體多有嚴重的貧血現象存在，此外在非腫瘤海龜身上，也可經由分子生物學的方式，偵測到 ChHV5 的存在(Li et al., 2017; Li and Chang, 2020; Li et al., 2022; Li et al., 2023)。

過去這些腫瘤海龜的研究主要來源為擱淺通報海龜，因此幾乎為已經靠岸定居的青少年/亞成年個體，而過去研究也認為這些海龜是靠近岸邊定居後，才受到病毒感染(水平傳播)(Ene et al., 2005; Work et al., 2020; Loganathan et al., 2021)。然而，倘若海龜是在進入岸邊定居才受到病毒感染，那在沙灘上孵化出來的稚龜理應不會有病毒感染的情形，但是在 2021 年的一篇研究指出，ChHV5 可以在綠蠵龜、赤蠵龜和革龜的稚龜(身上無腫瘤)身上被偵測出(Farrell et al., 2021)。另一篇 2022 年(Page-Karjian et al., 2022)發表的資料則指出，297 個來自卵窩的稚龜的血液樣本，經檢測，其結果全部為 ChHV5 的陰性檢出，而這當中有近 1/3 的稚龜，其母體的 ChHV5 檢出結果為陽性。綜上所述，臺灣發現的腫瘤海龜和 ChHV5 呈現陽性的海龜多以青少年和亞成年海龜為主，而稚龜的感染情形目前並未有相關資料可供檢視，因該疾病在病毒傳播(水平或垂直)方面，相關文獻仍然相當有限，因此未來若有卵窩死亡稚龜可供檢視，將可提供更進一步的觀點，來檢視 ChHV5 在臺灣海龜族群的感染來源。以上這些資訊可提供海龜救傷中心與保育單位，在海龜救援工作與保育政策擬定的參考。



一篇綠蠵龜抗藥性細菌的發表資料 ( Tsai et al., 2021 )，讓我們知道，多重抗藥性之革蘭氏陰性菌(gram-negative bacteria)，確實存在於臺灣海域的瀕危綠蠵龜當中，該研究的主要結果為：

- (一) 89.36%的分離株對 3 或 3 種以上抗生素具抗藥性。
- (二) 40.42%的分離株對 6 或 6 種以上抗生素具抗藥性。
- (三) 各菌株當中以弧菌 (*Vibrio* spp.) (31.91%)為最常見。
- (四) 60.0%的弧菌 (*Vibrio* spp.)分離株對 6 或 6 種以上抗生素具抗藥性。
- (五) 在 *Vibrio* spp.當中，以 *V. alginolyticus* (46.66%)為最常見，其次為 *V. harveyi* 與 *V. vulnificus* (皆 20.00%)，而 *V. cholera* 與 *V. metschnikovii* 所佔之比例較低(皆為 6.66%)。
- (六) 抗生素種類方面，以 penicillin (74.47%)、spiramycin (70.20%)、amoxicillin (65.94%)及 cephalexin (63.83%)等，為最常出現抗藥性的藥物。

該研究也發現綠蠵龜分離之 *Vibrio* spp.當中，又以 *V. alginolyticus* (佔 46.66%)為最常見，其他弧菌尚可見 *V. harveyi*、*V. vulnificus*、*V. cholera* 和 *V. metschnikovii*。弧菌除了對海龜造成危害(Wiles and Rand, 1987; Oros et al., 2004, 2005; Chuen-Im et al., 2010; Fichi et al., 2016)以外，文獻也指出 *V. alginolyticus*、*V. harveyi*、*V. vulnificus* 和 *V. cholera* 也和蝦子、魚類、許多水產動物的罹病甚至與人類的感染有關(Austin, 2010; Sony et al., 2021)。因此明瞭這些微生物的特性，對於海龜的危害和野外調查人員的安全皆相當重要。

在小琉球方面，根據 2019 年的資料顯示，其死亡擋淺海龜有 4 成多被觀察到有螺旋槳傷痕(Li et al., 2022)，其數量為全臺灣最高。此外，根據 2017-2021 的資料指出，小琉球海龜受船隻撞擊(如螺旋槳傷痕)和漁業活動(海龜體表發現魚線魚鉤)影響的情況，顯著高於鄰近同為屏東縣墾丁地區之海龜；在獸醫師剖檢海龜所見亦發現，小琉球海龜可見腸胃道人造物、魚鉤、螺旋槳傷痕等情況也高於墾丁地區(吳等，2022)。以上資料顯示小琉球海龜受到人為活動的影響，應受到更多的關注，例如所在『熱點區域資訊與數量』，可提供政府做為船隻減速或釣魚區域管理等參考。

而相關海洋生物熱點的調查，多使用空拍無人機進行，此機台由於價格實惠、機動性高以及飛行不受限的特點，空拍無人機在許多生態研究領域得到廣泛應用。特別是在海岸沿線生態研究中，無人機能夠收集視覺影像的範圍高達數十公里，適用於監測研究人員難以抵達的區域。因此，它被廣泛運用於海龜

沿岸族群的量估算 ( Eguchi et al., 2007; Seminoff et al., 2014 )、物种丰富度以及海龟分佈的研究。此外，在規劃海洋生物保護區範圍時，空拍無人機也被用來調查保育物种的分布熱點，其研究成果則成為重要的指標 ( Dickson et al., 2022 )。

在目前已發表的海龜研究中 Sykora-Bodie 等人 ( 2017 ) 使用空拍無人機調查 Ostional National Wildlife Refuge 附近長達 3 公里的海岸線，結果顯示此區每平方公里的欖蠵龜密度估算為  $1299 \pm 458$  至  $2086 \pm 803$  頭。另外，Schofield 等人 ( 2017 ) 則在相同區域使用空拍機調查長達 8 公里的海岸線，探討雄性和雌性欖蠵龜在繁殖期間的相對豐富度，結果顯示雄性和雌性的性比和交配活動呈季節變化。

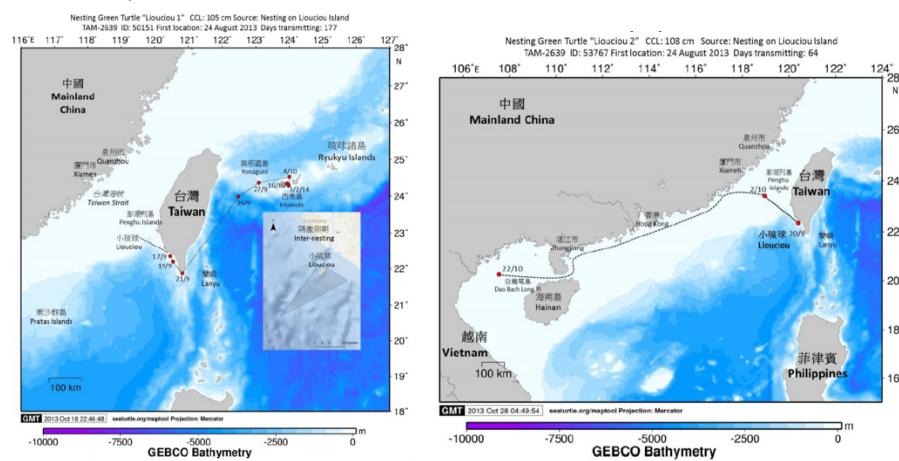
其他區域相關的監測結果，在印度洋的 Agatti lagoon，其綠蠵龜數量約 6 頭/公頃(Lal et al., 2010)。一項在德拉旺群島(Derawan Islands)的資料指出，海洋保護區的綠蠵龜密度在 2008-2011 年間，約 15-20 頭/公頃，這是過去相關調查所顯示的最多海龜數量的資料(Christianen et al., 2014)。但根據前人研究，小琉球部分沿岸區域海龜密度可超過以上數據，海洋保育署 108 年度臺灣周邊海龜族群調查計畫成果報告書指出，小琉球海龜密度為 369 隻/平方公里(約 4 頭/公頃)，112 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查計畫成果報告書，則顯示，小琉球海龜密度依不同海岸，密度約為 2~36 頭 / 公頃。但近年小琉球沿岸海龜分佈研究並未建立空間資料、尚無法準確了解小琉球海龜分佈熱點區域及可能原因，故在未來保育政策規劃下 ( 例如：沿岸保護區的劃設 )，建立小琉球海龜熱點分佈的空間資料有其必要性。

另外根據往年調查，發現海龜數量在單一區域有局部性的顯著增加，是否和保育工作介入、水質環境優養化或是鄰近海龜攝食場域衰退有關，應一併進行考量並非僅單就數量來進行觀測。

除了前述為因應人類活動衝擊而有海龜救傷單位的成立與運作外，產卵棲地的監測、調查與數據收集也被認為是不可或缺的保育工作項目之一，例如 IUCN 海龜專家小組之年度區域報告，其會依據各地發表過的期刊論文或相關資料，就和海龜有關的 Key biological data(如卵窩數/年、產蛋母龜數/年、產卵季節、主要產卵區域、產卵間距時間、性別比例、卵窩大小...)、族群趨勢變化、威脅、研究、監測計畫及保育措施等資料進行收錄，並就各地海龜保育工作現況、海龜面臨的威脅和生態學等重要保育相關資料進行收錄整理與撰寫(Ng and Matsuzawa, 2021)，如東亞的 MTSG Annual Regional Report，會收錄包含臺灣、日本、南韓、中國、香港等以上資料，因此持續的投入相關研究與監測計畫經費，可藉此來呈現臺灣在海龜保育工作上的投入與其成效，藉此提高臺灣在海

龜保育工作上的國際能見度。

臺灣附近海域為綠蠵龜攝食與遷移的重要場域(Cheng, 2000; Cheng et al., 2018, 2019; Ng et al., 2018; Kuo et al., 2017; Li et al., 2020) · 如臺灣的南部和小琉球。小琉球除了是海龜覓食場域以外，也是產卵母龜(只有綠蠵龜被記錄)會利用其沙灘，上岸產卵的重要棲地，根據海龜移動軌跡追蹤研究資料顯示，曾經發現 2 頭產卵母龜分別從小琉球移動至日本和越南(Ng et al., 2018; Ng and Matsuzawa, 2021) · 此也讓我們可以一窺琉球產卵母龜的可能來源。



【圖 1】綠蠵龜移動路徑

備註：摘錄自(Ng and Matsuzawa, 2021)

此外海洋保育署 110 年度臺灣海龜產卵棲地保育措施規劃成果報告書資料指出，在小琉球方面，「根據近十年的調查顯示，每年均有綠蠵龜母龜（無發現其他種海龜）會上岸產卵，介於 1 到 6 頭之間，平均為 3 頭，且平均有高達 78% 的產卵母龜為新加入的個體，這顯示島上的產卵族群數量雖不多，但卻有穩定新龜加入，是一個值得進行經營管理的棲地」，(海洋保育署，110 年)。根據海洋保育署資料，「小琉球是從 2011 年才開始進行生殖生態調查的，島上雖然有七處沙灘，分別是中澳、漁埕尾、龍蝦洞、蛤板灣、杉福生態廊道、肚仔坪及美人洞等」，(海洋保育署，110 年)。產卵棲地環境調查方面，小琉球全年平均氣溫，最小值-最大值為 25°C(2011 年)-26°C(2017 年)，(海洋保育署，110 年)。在 2022 年小琉球產卵母龜調查期間，於巡視期間觀察到過往未記錄之沙灘(龜仔路腳沙灘)，該沙灘首次可見母龜上岸產卵，且其卵窩數量計，為各沙灘中最高者，且為過去未曾被紀錄之地點(海洋委員會海洋保育署，111 年)。然而因產卵棲地各項因子的影響，例如岸際開發、光害、海岸侵蝕和海水上升、沙灘植被與距離和遊客等因素(Smith et al., 2021; Hamann et al., 2022; Stokes et al., 2024) · 都會對母龜的產卵行為造成改變。

綜合前述，影響小琉球海龜上岸產卵的可能因素很多，包括潮汐、人為干

擾程度、沙灘棲地環境因素及季節，但是究竟那些為真正影響海龜產卵的關鍵因素並不清楚。因此若能以海龜上岸次數及掘洞數的資料，配合相對應之環境因素，以結構方程模式建構小琉球之海龜上岸產卵模式，將可作為未來海龜保育政策擬定之參考。

再者，海洋委員會海洋保育署 111 年度小琉球海龜生殖生態調查案成果報告書指出，「稚龜性別比估算方面，在有置入溫度計取得卵窩溫度之卵窩中，75% (6/8)的卵窩，可見其雌性稚龜佔比為 100%，其餘 25% (2/8)的卵窩，其雌性稚龜佔比約 94-97%」(海洋委員會海洋保育署，111 年)。根據 King 等人於 2013 年發表的資料指出，2011 年小琉球卵窩中的稚龜，100%為雌性稚龜(樣本數為 2 窩)。這些資料讓我們知道，小琉球稚龜的性別比偏差的現象，其實在過去就已經被觀察到，文獻也指出性別比偏差已經是非常普遍被觀察到的現象 (Mrosovsky and Provancha, 1992; Binckley et al., 1998; Broderick et al., 2001; Heredero Saura et al., 2022)。海龜性別比例集中於雌性的現象，被認為和環境溫度上升有關，卵窩在溫度較低的地方(如有天然遮蔭)進行孵化，可有效降低性別偏差的比例(Reboul et al., 2021)，因此應就產卵沙灘的天然植被加以進行保護。此外，由於全球氣候變遷可能對受威脅海龜的孵化率和性別比例產生嚴重的負面影響(例如較高死亡率和無法產出健康性別比例的下一代)，因此使用人為策略的介入，為卵窩降溫的措施(遮蔭)也逐漸受到重視 (Hill et al., 2015；Jourdan and Fuentes, 2015；Mutalib and Fadzly, 2015；Tolen et al., 2021)。綜上所述，小琉球稚龜的性別比偏差的現象，其實在過去就已經被觀察到，文獻也指出性別比偏差已經是非常普遍被觀察到的現象，因此若能在小琉球進行模擬及改善海龜卵窩溫度(包含 incubation temperatures 和 sex-determining temperatures)之實驗，應可提供未來執行卵窩降溫的執行參考依據。

## 肆、研究方法

### 一、研究地點及其環境背景資料

#### (一) 沙灘特性

小琉球位於台灣西南沿海，是屏東縣唯一的珊瑚礁島嶼，面積約 6.8 平方公里，島上有綠蠵龜產卵之沙灘共有 7 個區域，包含龍蝦洞沙灘、中澳沙灘、美人洞沙灘、蛤板灣沙灘、漁埕尾沙灘、肚仔坪沙灘及龜仔路腳沙灘（網美老木）。小琉球沙灘的主要成分是珊瑚砂，這些砂粒由珊瑚、貝殼和其他海洋生物的骨骼碎片經過海浪長時間的侵蝕和磨平形成，質地細緻且均勻，呈現白色或乳白色，成為沙灘的基礎組成。



【圖 2】小琉球綠蠵龜產卵沙灘位置圖

## (二) 歷年氣溫變化

根據 2014 年至 2024 年的氣溫數據，年均溫數據顯示，小琉球的平均氣溫介於  $24.6^{\circ}\text{C}$  至  $26.1^{\circ}\text{C}$  之間，整體呈現緩慢上升的趨勢。2014 年的年均溫為  $24.6^{\circ}\text{C}$ ，是十年間的最低值，而 2017 年的年均溫  $26.1^{\circ}\text{C}$  以及 2024 年的年均溫  $25.9^{\circ}\text{C}$ ，則為近十年來最熱的年份。「當年最高氣溫」的範圍在  $35.1^{\circ}\text{C}$  至  $40.2^{\circ}\text{C}$  之間。其中，2014 年、2015 年和 2024 年都達到  $40.2^{\circ}\text{C}$  的高溫，顯示出高溫事件的頻率可能正在增加。當年最低氣溫的範圍在  $7.3^{\circ}\text{C}$  至  $14.5^{\circ}\text{C}$  之間。其中，2016 年、2018 年都低於  $10^{\circ}\text{C}$ ，其餘年份則未有相對低溫的狀況。

【表 1】小琉球 2014 年至 2024 年氣溫變化表

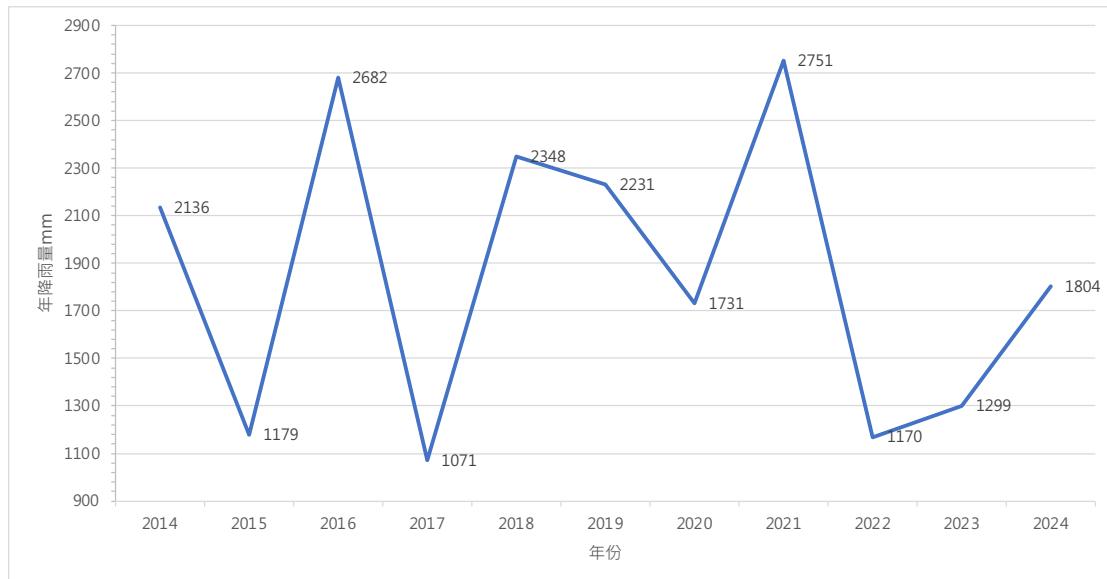
年份	年均溫	S D	當年最高氣溫	當年最低氣溫
2014	24.6	3.4	40.2	11.5
2015	25.4	3.3	40.2	12.4
2016	25.3	3.3	40.0	7.3
2017	26.1	3.3	38.3	14
2018	25.2	3.0	36.7	9.9
2019	25.2	2.4	35.1	14.5
2020	25.4	3.0	35.5	10.5
2021	25.0	3.4	36.2	10
2022	25.1	3.2	36.0	12.2
2023	25.4	3.0	36.2	11.2
2024	25.9	3.0	40.2	12.7

備註：資料來源為中央氣象署

## (三) 歷年降雨量變化

近十年間，小琉球的降雨量波動劇烈，年降雨量的最低值出現在 2017 年，僅為 1071 毫米，而最高值出現在 2021 年，達到 2751 毫米。小琉球降雨模式受到季風、颱風及氣候變遷等多重因素的影響，表現出較大的年降雨量差異。

降雨量顯示出幾個明顯的高峰與低谷。例如，2017 年和 2022 年均為相對乾旱年份，降雨量分別為 1071mm 與 1170mm，而 2016 年與 2021 年則出現了明顯的多雨期，降雨量超過 2000mm 甚至接近 3000mm。從長期趨勢來看，圖中降雨量並未顯示出穩定的增減趨勢，而是呈現出不規則的波動。這與全球氣候變遷導致的降水不穩定性一致，特別是熱帶地區，降雨模式愈來愈難以預測。



【圖 3】小琉球 2014 年至 2024 年降雨量變化圖

備註：資料來源為中央氣象署

#### (四) 歷年海溫變化

小琉球的海水溫度在過去二十年來呈現出逐漸上升的趨勢，尤其是平均海溫和最高海溫的變化值得注意。從 2004 年到 2024 年，年平均海溫由  $25.5^{\circ}\text{C}$  上升至  $27.8^{\circ}\text{C}$ ，顯示了整體海洋環境的變暖現象。每年最高海溫介於  $29.5^{\circ}\text{C}$  至  $23.9^{\circ}\text{C}$ 、每年最低海溫介於  $22.4^{\circ}\text{C}$  至  $25.1^{\circ}\text{C}$ 。

【圖 4】2004 年至 2024 年海水表面溫度變化表

年份	海溫	S D	最高海溫	最低海溫
2004	25.5	2.1	30.7	22.7
2005	25.5	2.3	31.1	22.4
2006	24.4	1.1	29.5	23.0
2007	25.4	1.6	32.9	23.2
2008	26.4	1.1	32.7	25.1
2009	26.4	1.8	32.0	24.2
2010	26.2	1.9	32.8	23.7
2011	25.0	1.9	31.6	22.4
2012	26.0	1.6	30.8	22.4
2013	25.5	1.3	30.3	24.0
2014	27.2	2.0	32.9	23.9
2015	25.9	2.2	32.1	22.5
2016	26.5	1.9	32.7	24.3
2017	25.5	2.1	32.3	22.9
2018	26.0	1.6	31.4	23.4
2019	25.9	1.6	31.2	22.6
2020	26.4	2.4	31.7	22.9
2021	26.3	2.2	31.9	22.9
2022	26.6	1.9	32.0	24.6
2023	25.8	1.4	31.7	23.7
2024	27.8	2.4	32	22.6

## 二、母龜生殖生態調查

### (一) 產卵母龜巡視方式

母龜生殖生態調查依據沙灘位置區分為東側（中澳沙灘、漁埕尾、龍蝦洞沙灘、龜仔路腳沙灘）及西側（美人洞沙灘、蛤板灣沙灘、肚仔坪沙灘）進行夜間沙灘巡守（後簡稱巡灘）【圖 2】。巡灘頻度依照綠蠵龜產卵淡季、旺季有所區分，2 農曆年後~5 月、10 月為淡季，調查頻度為每 2 日一次，巡灘時間為晚上 21:30，小琉球東、西側各一班次，並於隔日白天以空拍機巡視是否有綠蠵龜母龜爬痕，如發現母龜上岸產卵則提高發現點位的巡灘頻度。6~9 月為綠蠵龜母龜產卵旺季，此時巡灘於每晚入夜後 19:30 開始，以每 2 小時為一間距進行夜間產卵沙灘巡查至次日凌晨 1:30，若遇母龜產卵週期則增加巡邏至 3:30，班表如【表 2】。

巡視產卵沙灘人數，每班次 2 人，同時段小琉球東側及西側沙灘各有一個班次，各沙灘巡視來回 1 趟，如預測沙灘即將有稚龜孵化或母龜上岸產卵，則會增強巡視頻率，提升為來回 2 趟【表 2】。

【表 2】小琉球夜間巡守排班表

巡灘時間	小琉球西側	小琉球東側
19:30	班次 1	班次 2
21:30	班次 3	班次 4
23:30	班次 5	班次 6
01:30	班次 7	班次 8
03:30	班次 9	班次 10

關於燈光，以『不使用』或『必要時使用紅光照明』，以免驚擾產卵母龜，由於母龜產卵有其一定的行為模式，故紀錄時將依照其行為模式順序予以紀錄或處置，相關資訊填寫至海保署提供之「112 年琉球嶼綠蠵龜觀察記錄表」。

## (二) 產卵母龜調查紀錄之方法

【表 3】綠蠵龜產卵行為定義表

產卵行為	行為目的	產卵母龜執行時間
上岸	上岸尋找合適產卵地	約 10 ~ 30 分鐘
挖大洞	使用前肢所挖掘之洞，用於隱匿自身於及清除表層植被或異物	約 30 分鐘
挖小洞	使用後肢挖掘之洞，目的是將卵產於小洞內	約 30 分鐘
產卵	小洞及大洞挖掘至約 70cm，母龜就會開始產卵	約 20 分鐘
後肢覆沙	使用後肢如揉麵團般將產卵洞掩埋	約 10 分鐘
前肢覆沙	使用前肢將沙子覆蓋在產卵洞上，此行為會邊覆沙邊移動，屆時除了產卵位置外，其他未產卵位置也會被覆沙，目的在於混淆掠食者，降低卵窩被找到而被掠食的機率。	約 40 分鐘
下海	回到海中等待下一批卵成熟	約 10 ~ 30 分鐘

備註：產卵母龜執行以下行為的時間為預估，實際執行時間還是會依造現場環境及不同產卵母龜的產卵經驗而有所不同。

以下為巡灘時各狀況處置方式：

- (一) 僅目擊爬痕及挖掘痕跡，則使用皮尺量測爬痕寬，並紀錄「目擊地點」、「日期時間」與「掘洞數」，如無掘洞則免。
- (二) 若目擊母龜上岸，但未產卵，則紀錄「目擊地點」、「日期時間」與「掘洞數」(大洞小洞各別計算)，如無掘洞則，並使用皮尺「量測爬痕寬」。另需於母龜放棄產卵下海前，以匍匐前進的方式於後方接近產卵母龜，觀測並記錄是否有金屬標號。
- (三) 若目擊母龜且有產卵，則依照個別產卵行為進行處置：
  1. 上岸、挖掘大小洞：紀錄目擊地點、日期時間與掘洞數(大洞小洞各別計算)，並使用皮尺【圖 5】量測爬痕寬。



【圖 5】量測工具：皮尺

2. 產卵：記錄產卵時間，並投放投標器及藍芽溫度計(型號：HOBO MX2201 Series Water Temp Loggers)【圖 6】。放置方式會待

母龜產卵量至卵窩的 3/1，才進行投放，投放位置會選在卵窩邊側，避免牽引線阻擋稚龜爬出卵窩，紀錄頻率為每小時 1 次，並記錄卵窩周遭環境



【圖 6】投標器及藍芽溫度計

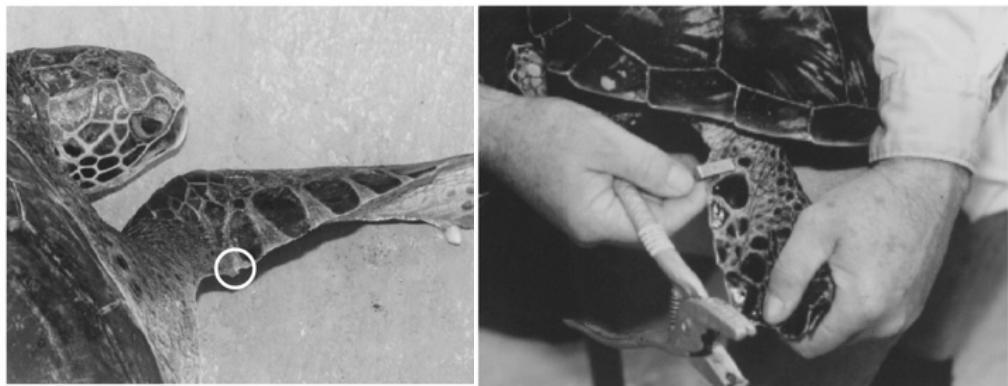
3. 後肢覆沙：產卵行為至後肢覆沙階段時，迅速使用卡尺【圖 7】及皮尺量測產卵母龜背甲長、寬，並於產卵母龜完成後肢覆沙前，在後肢及前肢，最靠近身體處打上由海保署提供之金屬標號【圖 8】，以利後續個體辨識。標記方式為，使用特製打標器裝上金屬標籤後，施打於產卵母龜四肢，施打位置為前肢及後肢靠近身體最後一個鱗片旁【圖 9】，以上作業僅於產卵母龜產完卵進行後肢覆沙時施作，此時產卵母龜因生產行為所產生的賀爾蒙而正處於半昏迷狀態，對產卵母龜的干擾性最低，打標施作前，將於器具、施打部位及施作者的手噴灑酒精消毒（後續辨識、紀錄會以左後肢標籤號碼為主）。



【圖 7】卡尺



【圖 8】打標器及金屬標



【圖 9】金屬標籤施打位置示意圖

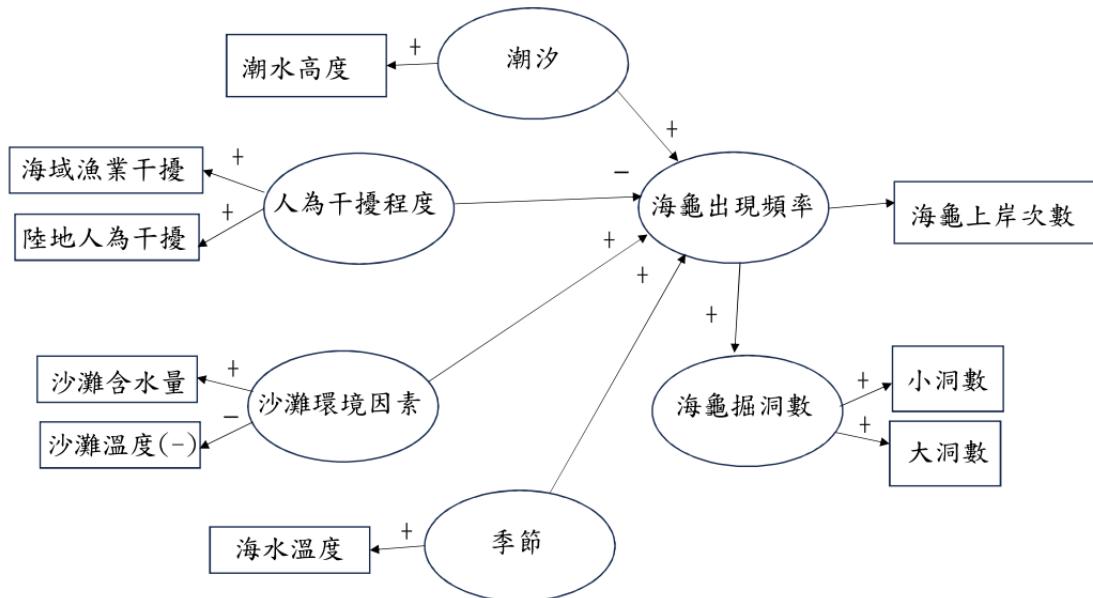
上圖摘錄自 Eckert et al., 1999

4. 前肢覆沙及下海：停止一切動作，檢查記錄表是否有缺失、器具是否收回，並記錄下海時間。
5. 若遇 (1)卵窩過於接近潮線，有被海水淹沒之可能、(2)卵窩位於光害嚴重之地區、(3)卵窩密集區，將依循 MARN 專家之建議進行移窩之作業，移窩作業將於海龜產下第一顆龜卵後 4-8 小時內完成，告知海保署並填寫海保署提供之「琉球嶼綠蠵龜龜卵記錄表」。

實際巡視人力視沙灘上產卵活動得增加人力，若巡視時間遇颱風或天氣惡劣則暫停巡視，或是當遇到沙灘持續都無產卵母龜上岸，則將於日間巡查為主，若遇爬痕則安排夜間加巡。

產卵週期為綠蠵龜母龜第一次產卵及第二次產卵間隔的天數，普遍產卵間隔天數約為 14 天(Witherington, 2015)，為避免誤差值，巡灘時會在產卵間隔天數第 10 至 17 天開始提高警覺並密集巡視。淡季時 (3 至 5 月、10 月) 由於班次較少，因此會在產卵間隔天數第 10 天開始密集排班，旺季時 (6 至 9 月) 則因為本就處於密集排班的狀態，僅提醒志工巡灘時提高警覺。

## (三) 以結構方程模式建構小琉球之海龜上岸產卵的概念模式



【圖 10】小琉球之海龜上岸產卵的初步概念模式

分析的流程主要參考周等人(Chou et al., 2012; Chou et al., 2022; Chou et al., 2023)，過往已經應用在海龜擱淺和海洋環境生態監測等研究發表之方法，應用環境變動之潛在變項(latent variables)，再結合其他生物及環境參數，依據海龜生殖生理與生態學原理，擬訂該概念模式【圖 10】，並以 LISREL8 程式進行結構方程模式驗證的計算 (Howell, 1996)，若模式之各項適配指標未達標準，則針對概念模式進行修正，重新再進行模式驗證，如適配良好，則完成模式建構，並進行該模式的解析。

在模式納入之參數方面，我們依據產卵母龜特性，搜尋檢視過往文獻指出，可能與海龜上岸產卵有關的參數，例如海水溫度、潮汐、月光、沙灘特性(沙灘斜度/寬度)和人為干擾 (Cuevas et al., 2010; Law et al., 2010; Pike, 2008; Nakamura et al., 2019; Smith et al., 2021; Robinson et al., 2022)等，以及過往小琉球母龜上岸產卵季節資料(海洋委員會海洋保育署, 110 年)，這些都是可以直接透過實際觀察得到或直接測量獲得的變項，並先將所收集到的資料進行實測變項定義後，後再進行相關的資料彙集並將其納入模式當中進行分析，各參數給分基準和範圍，如圖 32 模式(1)和圖 33 模式(2)之說明。雖然過去文獻指出，有許多因



子會影響海龜上岸產卵，然而，單就這些個別的單一因子進行分析時，仍有其限制，例如沙灘特性可能同時受到數個前置因子(比如沙灘斜度、濕度、面積或植被)的影響，因此可以應用實際所觀測之觀察變項(比如沙灘斜度、濕度、面積或植被資料)來進行潛在變項(沙灘特性)的估計。因潛在變項為一概念因素，無法直接測量或是直接觀察而得到，只能間接的方式推論出(Chou et al., 2012; Chou et al., 2022; Chou et al., 2023)，因此我們應用前述文獻指出，與海龜上岸產卵有關的參數，例如海水溫度、潮汐、月光、沙灘特性(沙灘斜度/寬度)和人為干擾等，以及過往小琉球母龜上岸產卵季節資料，來進行潛在變項如海水溫度、潮汐效應、天候狀況、海龜最適卵期、棲地干擾和棲地特性(圖 32 和圖 33)等之評估，藉此綜合考量各環境變動之潛在變項對於海龜上岸之影響。

本計畫將根據不同因子建構兩種模式，模式（一）建構前先將所收集到的資料進行實測變數定義，因子如下

1. 潮差:換算農曆日期，依據農曆初一及十五、十六為太陽月球引力最大時，設定 1~30 日潮差之排序大小。將農曆 1、2、14、15、16、17、30 設定為大潮(3 分)、農曆 6、7、8、9、21、22、23、24 為小潮(1 分)，其餘為 2 分。月光強度:設定為月光強(3 分)、弱(2 分)、無(1 分)。
2. 雲層厚度:設定為大雨(4 分)、小雨(3 分)、陰(2 分)、晴(1 分)。波浪大小: 設定為大浪(4 分)、中浪(3 分)、小浪(2 分)、無浪(1 分)。
3. 沙灘干擾程度:依據實際記錄到之遊客、導覽、沙灘上捕捉生物、流浪貓及流浪狗的數量評分。
4. 海龜最適產卵月份:3~5 及 6~8 月(3 分)、9~11 月(2 分)、12~2 月(1 分)。
5. 海龜上岸及產卵次數:單位時間內觀察到海龜上岸及海龜產卵的次數。

模式（二）建構前先將所收集到的資料進行實測變數定義，因子如下：

1. 潮差，換算農曆日期後，以農曆初 1 及 15、16 為太陽月球引力最大時，設定其潮差最大，農曆初 7、8、22、23，設定其潮差最小，

並依序逐步設定其間日期之潮差。將農曆 1、2、14、15、16、17、30 設定為大潮(3 分)；農曆 6、7、8、9、21、22、23、24 為小潮(1 分)，其餘為 2 分。

2. 月光強度:設定為 3 分(月光強)、2 分(月光弱)、1 分(無月光)。
3. 波浪大小，設定為大浪(4 分)、中浪(3 分)、小浪(2 分)、無浪(1 分)。
4. 沙灘干擾程度:依據實際記錄到之遊客、導覽員、沙灘上捕捉生物、流浪貓及流浪狗的數目進行評分。
5. 沙灘及海域干擾程度:依據實際於沙灘上(記錄到之遊客、導覽、沙灘上捕捉生物、浪貓及浪狗)及會影響海域的事件(之打漁、漁船)進行分數加總。
6. 沙灘面積:沙灘的總面積。
7. 沙灘橫長:沙灘的寬度。
8. 海龜產卵次數: 時間內觀察到海龜產卵的次數。



### 三、龜卵孵化生理資料調查

於稚龜大出後的第五日，視情況進行挖掘有標示之卵窩，挖掘同時進行微生物分析之樣本採樣，挖掘時，需輕輕從卵窩正上方往下挖掘，若於沙灘上層發現正在稚龜，則先暫緩挖掘工作，隔日再繼續進行挖掘工作，挖掘後計算產卵數、孵化率並紀錄卵窩內孵化中死亡、孵化後死亡之卵數。另「每窩龜卵的未受精」部分，因卵窩的蛋在經過長時間的孵化期後才被挖掘出來，並非產卵後幾天內就挖掘出來用手電筒檢視，因此胚胎中止發育若發生於非常早期(如肉眼未可見階段)或胚胎組織已經隨著時間被降解，可能會被誤判為未受精(Phillott and Godfrey, 2020)，此部分結果將以未知進行記錄。

卵窩微生物分析採樣檢體共 4 類，分別為卵窩外沙、卵窩內沙、成功孵化卵內膜、未成功孵化卵內容物，採樣時每一類皆採 3 個樣本。

實驗步驟如下：

#### (一) 微生物分離培養

##### 1. 卵窩外沙:

將 1.5% Tryptic soy broth 滅菌後裝至 15mL 離心管，加入卵窩外沙並混合均勻後，放入培養箱 25°C 培養 24 小時後，並分別接種在 MacConkey、TCBS(Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar)、Blood agar；真菌接種至 SDA(Sabouraud agar) 放入培養箱 25°C 培養 3 至 5 天。

##### 2. 卵窩內沙:

將 1.5% Tryptic soy broth 滅菌後裝至 15mL 離心管，加入卵窩外沙並混合均勻後，放入培養箱 25°C 培養 24 小時後，並分別接種在 MacConkey、TCBS(Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar)、Blood agar；真菌接種至 SDA(Sabouraud agar) 放入培養箱 25°C 培養 3 至 5 天。

##### 3. 未成功孵化蛋:

無菌的棉棒沾取滅菌 0.9% Saline，由內而外擦拭欲採樣區域，組織剪使用前 75% 酒精棉球擦拭，再用酒精燈燒至變紅色，冷卻 1-2 分鐘後，剪開蛋殼，用滅菌棉棒沾取內容物，並分別接種在

MacConkey 、 TCBS(Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar) 、 Blood agar ；真菌接種至 SDA(Sabouraud agar) 放入培養箱 25°C 培養 3 至 5 天。

#### 4. 成功孵化蛋：

無菌的棉棒沾取滅菌 0.9% Saline ，刮取孵化蛋的內膜，並分別接種 在 MacConkey 、 TCBS(Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar) 、 Blood agar ；真菌接種至 SDA(Sabouraud agar) 放入培養箱 25°C 培養 3 至 5 天。



【圖 11】卵窩微生物採樣試管



## (二) 微生物鑑定

### 1. Polymerase Chain Reaction (PCR)

取 Sample DNA 4  $\mu$ l · 正、反向引子各 1.5  $\mu$ l · 無菌 DDW 18  $\mu$ l · 加入商品化之 2 倍 PCR MasterMix 25  $\mu$ l 混合均勻後 · 總量 50  $\mu$ l · 置入 PCR 機器中反應 · 依不同菌株種類 · 使用不同引子對及反應條件 · 真菌 PCR 使用 Primer 為 ITS-1 和 ITS-4 · 預期產物 632bp ·

【表 4】真菌 PCR 設定條件

引子對	產物大小 (bp)	Initial Dematuration	Cycles (Denturation Annealing, Extension)	Final Extension
ITS1&ITS4	632	95 °C 5 minutes	33 cycles (95 °C 45sec, 52 °C 45 sec, 72 °C 1 minute)	72 °C 10 minutes Hold at 4 °C

【表 5】細菌 PCR 設定條件

引子對	產物大小 (bp)	Initial Dematuration	Cycles (Denturation Annealing, Extension)	Final Extension
005F&0531R	500	95 °C 5 minutes	35 cycles (95 °C 1 minute, 50 °C 1 minute, 72 °C 2 minute 30 sec)	72 °C 10 minutes Hold at 4 °C

### 2. PCR DNA Extraction Kit

- (1). 使用 ZEJU GEL&PCR Extraction Kit 純化 PCR 後產物 · 以便於送檢體於次世代定序公司做定序 ·
- (2). 取全部的產物與 5 倍產物量 binding buffer, 加入 1.5ml 23eftriaxo, 均勻 vortex ·
- (3). 再加入產物與 binding buffer 的混合液離心 13000rpm 30 秒 · 倒掉管內液體再加入 Wash buffer 600 $\mu$ L ·
- (4). 再次離心 13000rpm 30 秒 · 再次倒掉管內液體 ·
- (5). 離心 13000rpm 2 分鐘 · 更換 eppendrof, 加 DDW 40 $\mu$ L, 靜待 2min, 等 DDW 浸濕過濾膜 ·
- (6). 再次離心 13000rpm 2 分鐘 · 抽取內容物保存於-20°C 並填寫次世代定序表單 ·

### 3. 定序

純化後的 PCR 產物送達定序公司後 · 會回傳樣品的含氮鹼基對序列 · 將其序列經過 National Library of Medicine 內 Nucleotide Blast 資料庫比對 · 即可鑑定出相對應的菌株 ·

## (三) 藥物敏感性測驗(紙錠擴散法)

將測驗菌株培養在 Tryptone Sulfite Neomycin agar(TSN agar)

上並放置培養箱 25°C 培養 24 小時，以無菌棉花棒刮取菌落於在 3mL 滅菌生理食鹽水中，配置成濁度 0.5 Mcfarland 的菌液。以棉花棒沾取菌液 3 重複劃菌，讓菌液均勻分布 Mueller-Hinton agar(MH agar)。並在 Mueller-Hinton agar(MH agar)等距貼上抗生素紙錠，在 25°C 培養箱培養 8~12 小時後，測量抑菌圈大小，判讀藥物敏感性；對照組為 ATCC25922 *Escherichia coli*。

使用藥敏錠如下(共 13 種):

1. AMC30(amoxicillin/clavulanic Acid, 30mg) 。
2. AN30(amikacin, 30mg) 。
3. AZM15(azithromycin, 15mg) 。
4. CIP5(ciprofloxacin, 5mg) 。
5. OT30(oxytetracycline, 30mg) 。
6. XNL30(ceftiofur, 30mg) 。
7. GM10(gentamicin,10mg) 。
8. SXT25(trimethoprim/sulfamethoxazole,25mg) 。
9. CRO30(ceftriaxone, 30mg) 。
10. F/M300(nitrofurantoin, 300mg) 。
11. C30(chloramphenicol, 30mg) 。
12. D30(doxycycline, 30mg) 。
13. ENO5(enrofloxacin, 5mg) 。

#### (四) 進行模擬及改善海龜卵窩溫度之實驗

審酌近來海龜卵窩遮蔭減曬實驗(Kobayashi et al., 2020; Reboul et al., 2021; Wiggins et al., 2023)資料，於 2024 年 4 月開始進行實驗(如遇氣候影響，則改期施作)，實驗設置位置為漁埕尾沙灘中段【圖 12】，設置方式如【表 6】，於沙平面以下 30 公分深度處(以小琉球 2022-2023 年來卵窩平均深度進行設定，60 公分深為卵窩底部，30 公分約為卵窩中心)埋設藍芽溫度計(型號：HOBO MX2201 Series Water Temp Loggers) (紀錄頻率為每小時 1 次，連續紀錄 60 天)，總計 20 組，紀錄模擬的海龜卵窩，從產卵到孵化後的其間溫度。藉此比較不同方式，對於卵窩的降溫效果為何。



【圖 12】漁埕尾沙灘改善海龜卵窩溫度之實驗位置示意圖

【表 6】改善海龜卵窩溫度之實驗設置表

實驗組別	架網方式	溫度計深度
無日曬-全遮光組(5 組)	於長 50cm×寬 50cm×高 30cm 的木製架子的頂部和側面包覆遮光率 100% 帆布【圖 13】	30cm
45~55% 日光遮蔽組 (5 組)	於長 50cm×寬 50cm×高 30cm 的木製架子的頂部和側面包覆遮光率 45~55% 遮光網【圖 14】	30cm
85~95 % 日光遮蔽組 (5 組)	於長 50cm×寬 50cm×高 30cm 的木製架子的頂部	30cm

實驗組別	架網方式	溫度計深度
	和側面包覆遮光率 85~95 %遮光網【圖 14】	
完全曝曬(5 組)	無任何遮光	30cm



【圖 13】無日曬-全遮光組設置示意圖(摘錄自 Staines et al., 2020)



【圖 14】日光遮蔽組設置示意圖(摘錄自 Reboul et al., 2021)

以上各組之模擬卵窩，皆位於高潮線以上 2 公尺，各卵窩間隔至少 1 公尺。將藍芽溫度計，埋設於卵窩正中央位置(深度約 30 公分，為過去小琉球卵窩平均深度的中間位置)。

## 四、稚龜孵化調查

為評估是否稚龜已有大量爬出（簡稱大出）卵窩之狀況，於預計孵化日前後 5 日，進行密集巡視（巡灘頻度為一小時查看一次卵窩），以利觀察是否有大出現象；若遇需要圍網之卵窩（例：受光害影響之區域），則將依據 MARN 專家之指示進行圍網作業，細節及時間規劃將待專家指示後執行。

若遇孵化之稚龜，需於數量紀錄後，儘速進行稚龜外觀檢查-卵黃囊是否收齊，若正常收齊者，則計算數量，並以游標卡尺量測稚龜背甲長及使用電子秤量測重量後【圖 15】，立即於附近無光害之沙灘進行野放，留置測量時間以不超過 2 小時為主。如遇稚龜腹部卵黃囊未收齊，則需告知海保署並依 MARN 專家之指示，進行處理，若需暫時安置，則令存放於盛裝潮濕沙子的桶內，放至陰暗處，等待指示。



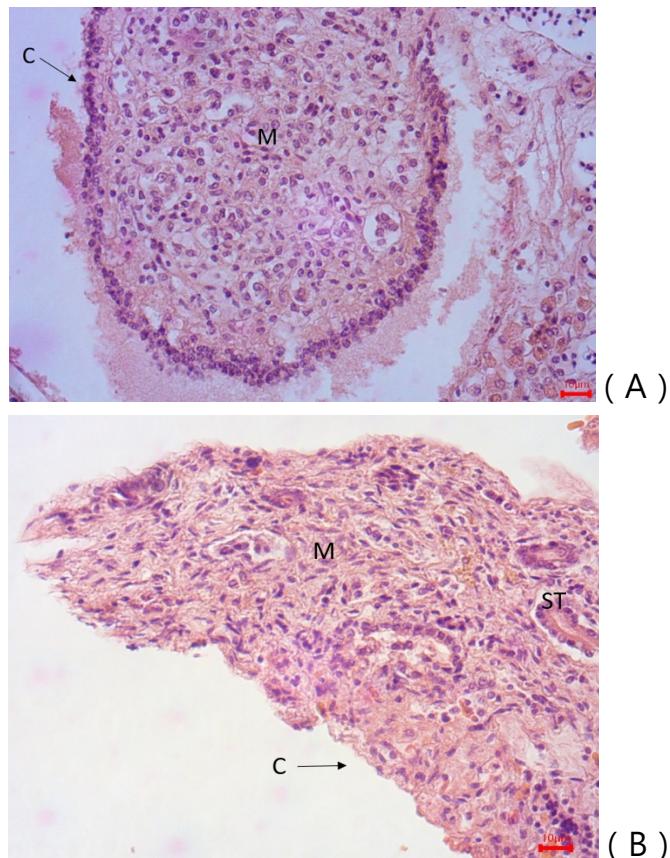
【圖 15】游標卡尺及電子秤

當稚龜大出後五日，進行上述挖掘卵窩之工作，若遇到孵化後死亡之稚龜，則收集樣本交由國立海洋生物博物館進行性別分析，以利了解小琉球孵化稚龜性別比。

目前本團隊使用兩種方式推估卵窩中稚龜性別比，（一）組織切片觀察稚龜性腺（二）使用孵化溫度來估算稚龜性別比。

### （一）組織切片觀察稚龜性腺

利用卵窩中死亡的稚龜進行性腺觀察，來獲取卵窩稚龜性別比的資料，沒有動物倫理問題。在野外取得稚龜屍體後，會於當日或隔日冷藏寄送至國立海洋生物博物館，由獸醫人員將幼龜進行解剖並切除腎臟周圍的器官，而後取出附著在腎臟旁的生殖腺，將其固定在 10% 的福馬林溶液中，經處理後，進行切片辨識，辨識方式如【圖 16】。



【圖 16】卵窩孵化後之死亡綠蠵龜(稚龜)於組織切片染色之性腺特徵。

(A) 雌性 · 卵巢組織特徵: 外層為複層立方上皮組織組成之皮質(cortex; C) · 內層則是緻密而不規則排列之髓質(medulla; M)。

(B) 雄性 · 睾丸組織特徵: 可見其皮質僅為單層鱗狀上皮 · 而髓質則為曲細精管(seminiferous tubules; ST)所組成。(H&E 染色 · 400 倍)。

## (二) 使用孵化溫度來預測稚龜性別比：

是根據 King 等人於 2013 年在台灣的綠蠵龜性別比研究中所導出的公式進行性別比的換算(King, et. al., 2013)：

$$\text{性別比\%} = -3.012 + 0.140 \text{ ( 孵化期間中段的平均溫度 )}$$

孵化期間中段的平均溫度計算方式為：將卵窩產卵日至稚龜大出日期間的天數切成 3 等分，取中間(第 2 等分)的平均卵窩溫度，即為決定性別的孵化溫度(此時期為稚龜性腺形成的時期)，舉例：卵窩產卵日至稚龜大出日為 60 天，取中間(第 2 等分)的平均卵窩溫度，既代表第 21 天至第 40 天為稚龜性腺形成的時候，故這時的平均孵化溫度，即為決定稚龜性別的孵化溫度(Godley et al., 2002)。



### (三) 死亡稚龜海龜疱疹第五型病毒 ( Chelonid herpesvirus 5;ChHV5 ) 偵測

#### DNA 萃取:

以死亡稚龜(含成熟與非成熟/終止蛋)皮膚(約 10-25 mg)樣本，用 Dneasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Valencia, CA, USA) 進行 ChHV5DNA 萃取，依照其操作手冊進行病毒 ChHV5 DNA 的萃取，萃取過程除血液樣本外，也同時置入空白對照組，以監測過程是否有汙染的發生。皮膚樣本及空白對照組經過萃取後的產物，參考李等人(Li et al., 2017; Li et al., 2022; Li et al., 2023) 發表的文獻當中的方法，進行傳統的 PCR 方式進行確認所增幅之標的產物大小，以確認 ChHV5 DNA 的存在。

#### 傳統 PCR:

PCR 的反應在 50  $\mu$ l 的總體積中完成，其中包含 1 $\mu$ l 的 DNA、1 $\mu$ l (10 $\mu$ M) 的引子對、22  $\mu$ l 蒸餾水 (Distilled ddH<sub>2</sub>O) 以及 25 $\mu$ l 的酵素 (AmpliTaq Gold®360 Master Mix ; Life Technologies, Valencia, CA, USA)。所有樣本於以下條件操作：於 95°C 操作 10 分鐘，使雙股 DNA 變成單股。接著以 30 個循環數增幅 DNA，每個循環分別是 95°C、30 秒先使 DNA 變性 (Denaturation)，接著以 62°C 的溫度、30 秒使 DNA 與引子 煙合 (Annealing)，再以 72°C 使 DNA 增幅 (Extension) 60 秒。循環結束後，以 72°C 使 DNA 繼續增幅 7 分鐘。PCR 產物取 5 $\mu$ l 以 2% 電泳膠體，包含 SYBRSafe DNA Gel Stain (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) 進行結果的確認。

## 五、巡護志工培訓及環境教育講座

### (一) 巡護志工招募

海龜志工招募上分為兩種，其一為島內志工；另一則為島外志工。

島內志工招募預計時間為 2 月下旬，預計招募 40 人，組成為小琉球居民、業者、島上工作者等長期待在小琉球之民眾。只要這些人群對海龜保育有興趣，即可參加培訓並實際執行海龜志工勤務，因島內志工只要還在小琉球，即是未來宣傳的重要力量，且因島內志工仍有各自的工作業務，無法密集安排巡灘工作，故僅規定其每月只需要巡灘超過五次。

為了補足勞力密集的巡灘工作，故招募了短期、密集巡灘的島外志工群。

島外志工招募預計時間為 3 月 ~ 4 月，巡灘月份為 6~9 月，每月預計招募 5 位，以能夠至少在小琉球待滿一個月的志工為主，填寫報名表單後，經過線上面試錄取。島外志工需每晚 7:30-1:30 待命，受大隊長安排巡灘班次。每天巡灘 2-3 班次，一週排休一日。

志工需年滿 18 歲，具完全行為能力，能夠參與多項有效的法律活動，同時應具備基本的運動能力，包括可接受熬夜和沙灘行走等活動。招募資訊主要透過 Facebook 來宣傳，利用本團隊的粉絲專頁及 Facebook 其他社團、小琉球在地社團 (Line 群組) 傳遞招募訊息。這樣的方式能夠有效地讓更多人知曉並參與我們的招募活動。

### (二) 志工培訓

為使志工了解在沙灘上面對產卵母龜所需注意事項，利於現場狀況處理。培訓課程內容主要介紹海龜生殖生態、小琉球海龜與旅遊業的衝突、保育海龜的意義、測量工具方法；並模擬母龜上岸產卵，操作量測流程以及練習填寫紀錄表單。

1. 日期：島內志工培訓時間預計為 2024 年 3 月初辦理，島外志工培訓將於 2024 年 6、7、8、9 月辦理。(以上日期視實際招募狀況後訂定)
2. 地點：台灣咾咕嶼協會辦公室



### 3. 活動內容：

【表 7】志工培訓課程表

時間	活動內容	活動地點	備註
5 分鐘	活動說明及自我介紹	咾咕嶼協會	
1 小時	海龜生殖生態調查解說		
1 小時	調查器具操作說明		
1 小時	實際走訪產卵沙灘	潛在產卵沙灘	視天氣狀況 調整

備註:活動以不干擾產卵母龜為前提，解說內容將包含海龜分佈與洄游等相關資訊。



【圖 17】2023 年度本團隊海龜巡守志工培訓

### (三) 環境教育講座

- 日期：預計 5 至 9 月期間，每月辦理一次解說活動（視氣候狀況而定）。
- 預計地點：白沙港旁之三角廣場（位於百海餐廳前方）（視氣候狀況而定）。



【圖 18】三角廣場位置示意圖

### 3. 活動內容：

【表 8】海龜生殖生態解說活動課程表

時間	活動內容	活動地點	備註
5 分鐘	開場及團隊介紹	三角廣場	包含海龜生產過程、小琉球海龜危機等
1 小時	海龜生殖生態解說		
10 分鐘	Q&A 時間		



【圖 19】2023 年執行海龜生殖生態解說活動照片

在過去開挖卵窩若剛好遇見遊客時，本團隊則隨即開始進行解說，以利遊客可旁觀挖掘作業，場次將視挖掘卵窩時是否有遇見遊客而定。



【圖 20】2022 年本團隊執行卵窩挖掘作業時現場與遊客進行解說工作

## 六、周邊海域海龜活動範圍調查

根據交通部民用航空局的空域資料，小琉球沿岸週邊海域，除大福漁港港內，為可飛行區域，均可進行空拍調查【圖 21】。



【圖 21】紅色區域為小琉球禁飛區

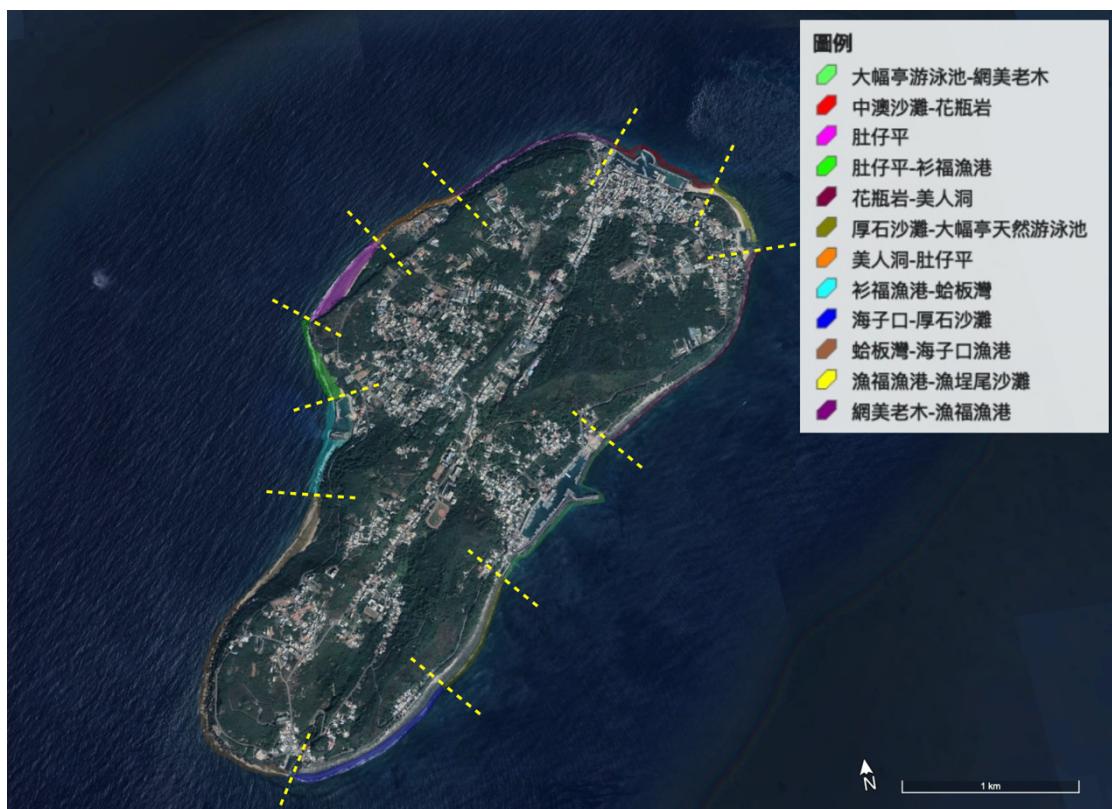
空拍調查頻度為每月一次，為了增加拍攝到海龜的機會，拍攝時間盡量以滿潮時間點(Staines et al., 2022)來進行拍攝。拍攝方式以穿越線沿著海岸(Bevan et al., 2016；Selles-Rios et al., 2022)環繞小島一周的方式進行。空拍機離岸約 50 至 100 米沿高潮線飛行，飛行路線除島嶼沿岸離岸 50 至 100 米外，而大福港為禁航區，因此預計避開至離岸約 100 至 150 米飛行，飛行高度預計設定為海拔 50-60 米(Schoefield et al., 2019；海洋委員會海洋保育署, 110 年；Dickson et al., 2021；Dickson et al., 2022；Selles-Rios et al., 2022)。

由於海龜的游泳均速為 10m/s ( Hochscheid, 2014 )，若將飛行速度設定為 10m/s 以上，將可避免重複拍攝相同海龜。經查過去相關資料指出，空拍海龜的飛行速度有<8m/s (Roos et al., 2005)、6-8m/s (Bevan et al., 2018)、3-5m/s (Staines et al., 2022)和(Yaney-Keller et al., 2021)等被使用過，以及油污事件後小琉球海龜族群空拍監測調查計畫調查報告書(海洋委員會海洋保育署，110 年)，所使用速度為 2m/s 至 4m/s。

因小琉球拍攝之海龜個體多是於淺礁區覓食的海龜，多數時間內幾乎都在定點，不會快速移動或者其移動範圍不大，因此選定飛行速度為 2m/s 至 4m/s(海洋委員會海洋保育署，110 年)做為其設定，以免因速度過快而影

響計數。拍攝角度則與海平面呈 90° 垂直俯視(Sykora-Bodie et al., 2017; Selles-Rios et al., 2022)，較易於估算拍攝距離、面積及計算數量。但實際飛行之高度與範圍，將視當天氣候及海況做調整，由於調查時無法標記不同海龜，須於最短時間內進行環繞島嶼一圈之調查方式，因此若調查期間如突然遇天候狀況不好，則以盡可能的方式繞行一圈，並且微調離岸距離或高度。

小琉球海岸線全長約 12 公里，拍攝時依照沿岸明顯地標物（例如：碉堡、凸岬、港口）分成 12 區，每區海岸線皆為 0.5 公里至 2 公里不等【圖 22】。

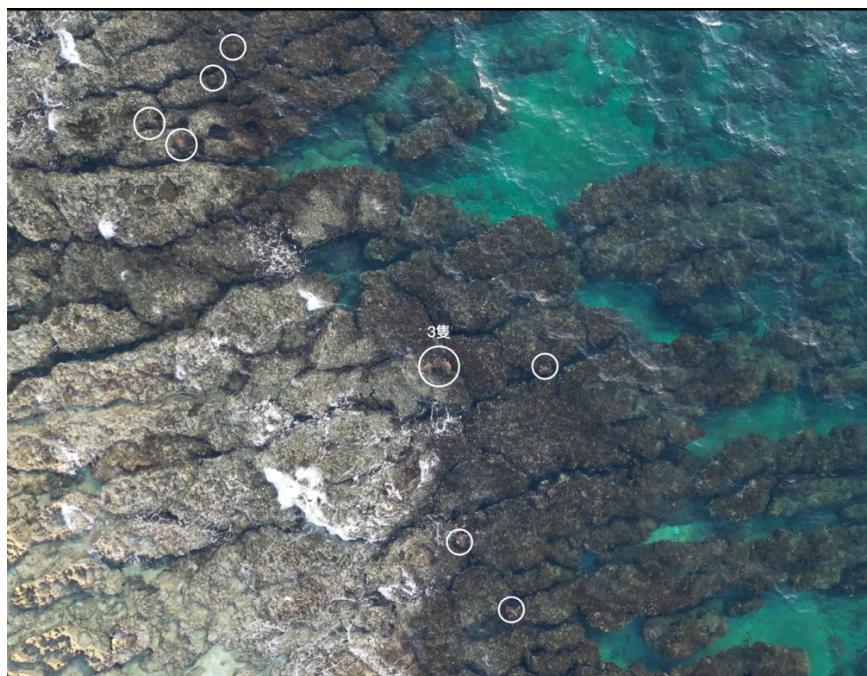


【圖 22】小琉球周邊海域調查空拍區段圖

攝後影片由人員以目視，並輔以手持式計數器進行計算，計算時以最高標準進行規範，避免誤算及重複計算，計算時符合以下 2 點才可計算，1)確定為海龜、2)可明顯觀察到前肢揮動、3)無法於 3 秒內判斷為海龜時，不納入計算（海龜靜止無游動或覓食時較難辨識）。如此一來，即使是不同人計算，經調查取得的數據（海龜數量）較為一致，可降低人員計算時誤判之因素【圖 23】【圖 24】。



【圖 23】空拍海龜前肢示意圖



【圖 24】空拍計算示意圖 (共 10 隻)



在全球海洋生態系統中，海龜佔據著重要的地位，而小琉球周邊海域作為其棲息地之一，建立一個完善的海龜分布 GIS 資料庫至關重要。這個資料庫能夠提供寶貴的資訊，支援海洋保育工作、科學研究以及環境管理。

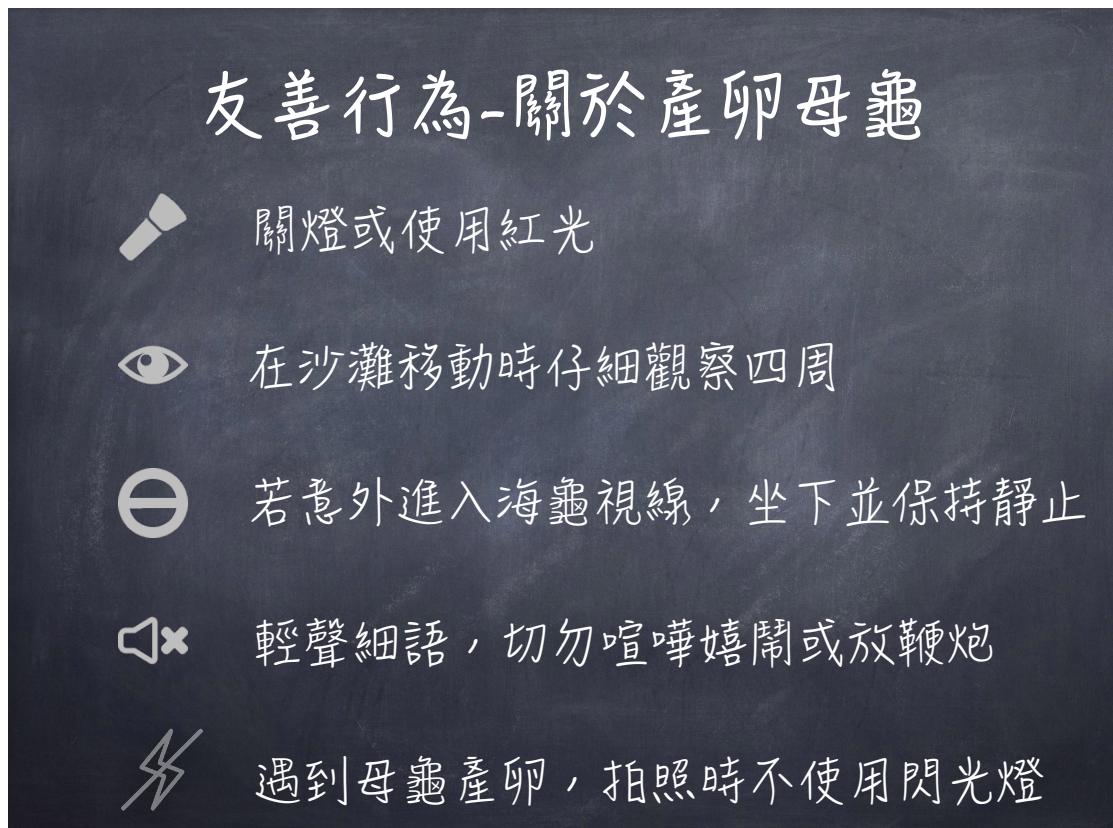
整理收集到的資料是確保資料庫順利運作的重要一環。資料需要轉換成能夠在 GIS 軟體中使用的格式，如 Shapefile 或 GeoJSON。利用 QGIS 軟體建立一個新的專案或資料庫，為資料提供結構化的儲存和管理。

屆時利用 GIS 工具進行地理空間分析，探索海龜在小琉球周邊海域的分布模式、棲息地特徵以及可能的生態因素。以利了解海龜生態，並制定相應的保育策略。

## 七、協助辦理相關行政業務並提供專業諮詢

我們將提供有關可安裝追蹤器的母龜相關資訊，並建議安裝日期。在安裝追蹤器時，我們將派遣在地巡守團隊至現場協助。另外，我們也將協助提供相關研究資料，支持小琉球海龜重要棲息環境計畫及台灣海龜保育計畫書的制定。

除此之外，預計在母龜產卵期間，以摺頁格式製作遊客觀察海龜的友善行為指引【圖 25】，以減少遊客在沙灘上的干擾。



【圖 25】相關設計初稿



## 八、本團隊創意構想

### （一）綠蠵龜保育宣導（針對在地居民）

以往環境教育之客群以針對遊客居多，難以傳達至在地居民及業者，原因為在地人多認為對常見的綠蠵龜已熟悉了解，故對於攝取更多海龜的知識感到意興闌珊，如無誘因難以吸引其前來聆聽海龜相關保育知識。

因此，本團隊預計利用在地資源，搭配文宣品（例如：生活用品、醬油、衛生紙、環保碗筷）辦理宣導講座，以利推動綠蠵龜重要棲息地設立或其他保育相關政策。預計於 2024 年旅遊淡季 1~4 月及 10~12 月辦理 3 場次活動宣導，每場次預計為 40 人，故提供 40 份文宣品或相應價值之餐點。

### （二）整年度預約制解說

預約制的解說計畫，原是因應『2023 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查』一案，因氣候問題而無法在戶外辦理講座活動的權宜之計。在實行後發現，預約制的解說能針對小團體，是獨特性的活動，很受家庭旅遊的喜愛；且對於民宿業者來說，是可推薦客人選擇的活動，增加小琉球旅遊的多樣性。

而在宣傳的過程中，本團隊與各民宿、水上遊憩業者、餐飲業者建立合作網，拉近海龜保育的距離，預期在未來宣傳綠蠵龜重要棲息地設立或其他保育相關政策，能成為一大助力。本團隊預計提供 2024 整年度以預約制制度辦理綠蠵龜生態知識宣導相關活動，預計效益為 24 場次。

### （三）小小巡灘員

小琉球在地小學的特色課程多為海龜相關生態知識的了解，但是實際走入野外、保育的第一線，目前仍以遠方觀望形式。因此本團隊希望結合小琉球學校資源，帶領國小學童在晚上 7:30 一起巡灘，調查產卵母龜以及向遊客宣導母龜產卵的保育知識，預計於 2024 年 5~10 月促成至少 2 所學校的學童參加此項活動，讓在地保育從小紮根。

## 伍、研究結果

### 一、2024 年小琉球氣候資料搜集

今年綠蠵龜產卵至孵化時間約為 4 月至 9 月，故後續氣候資料將以此區間進行呈現。

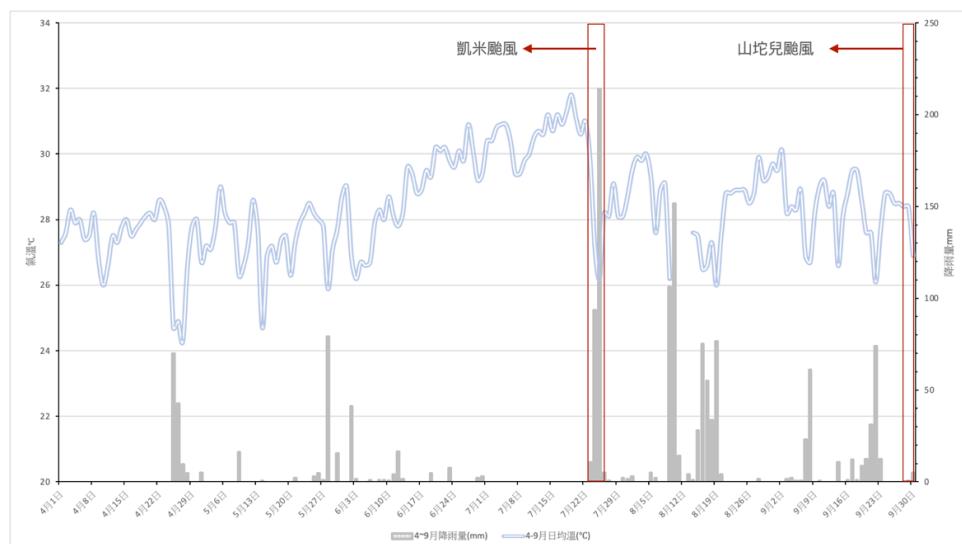
#### (一) 氣溫與降雨量

2024 年 4 月至 2024 年 9 月，平均氣溫為  $28.4^{\circ}\text{C}$  ( $SD=1.6$ )【表 9】，這段期間平均溫度最高的月份為 7 月，高達  $29.9^{\circ}\text{C}$  ( $SD=1.4$ )，平均溫度最低的月份為 4 月和 5 月，月均溫同為  $27.4^{\circ}\text{C}$ 【圖 26】。

2024 年 4 月至 2024 年 9 月，平均降雨量為 247mm【表 10】，這段期間月累積雨量最高的月份為 8 月，高達 560mm，累積雨量最低的月份為 4 月和 5 月，累積雨量同為 126.5mm【圖 26】。

由圖 24 可知，從 4 月到 6 月初，氣溫較穩定，徘徊在  $26^{\circ}\text{C}$  至  $28^{\circ}\text{C}$  之間，降雨量較少，顯示氣候較乾燥且穩定。然而，從 6 月中旬開始，氣溫逐漸升高，並進入  $28^{\circ}\text{C}$  至  $32^{\circ}\text{C}$  之間的高溫期。7 月下旬到 9 月的強降雨與氣溫變動相互影響，如“凱米颱風”和“山笠兒颱風”所引發的降雨高峰，造成氣溫的短暫波動。這段期間的降雨有時會對當地高溫起到降溫效果，但降雨過後，氣溫又會迅速回升，顯示出典型的熱帶海島氣候特徵，濕熱交替頻繁。

這種降雨與高溫的綜合影響，對小琉球的生態系統，例如海龜的巢穴環境，可能會產生顯著影響，因為持續高溫和潮濕的環境可能改變沙灘的物理條件，進一步影響孵化成功率及幼龜的生存狀況。



【圖 26】2024 年小琉球 4 月至 9 月氣溫雨量圖

資料來源：2024 年中央氣象署



【表 9】2024 年 1 月至 11 月月均溫資料表

月份	氣溫(°C)	最高氣溫(°C)	最低氣溫(°C)
1	20.7	30.5	12.7
2	22.6	31.8	15.1
3	23.9	33.7	16.7
4	27.4	35	21.5
5	27.4	34.8	22
6	28.8	39.8	23.5
7	29.9	37.7	22.7
8	28.5	40.2	21
9	28.3	35	24
10	26.9	36.2	-0.5
11	26.1	31.5	21.5

備註.資料來源：2024 年中央氣象署

【表 10】2024 年 1 月至 11 月月雨量資料表

月份	降水量(mm)	降水日數(day)	最大日降水量(mm)
1	0	0	0
2	5.5	1	5.5
3	2	2	1.5
4	126.5	4	70
5	126.5	9	79
6	85	13	41
7	327	7	214
8	560	15	151.5
9	257.5	18	74
10	304	6	116.5
11	10	3	5

備註.資料來源：2024 年中央氣象署

## (二) 潮汐

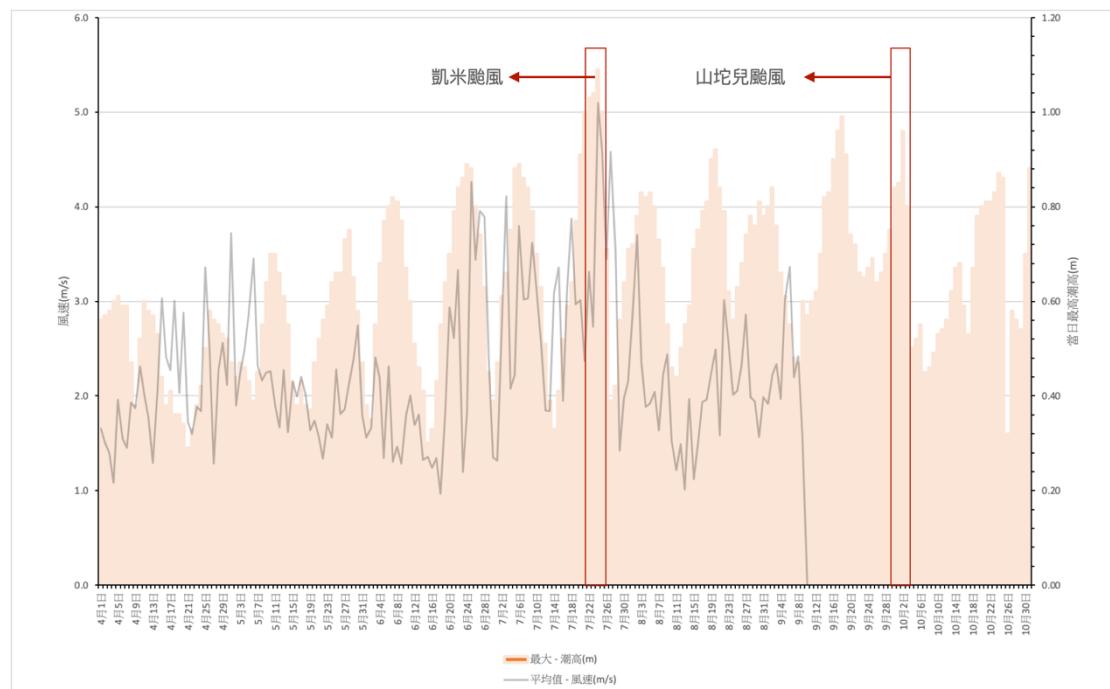
在 2024 母龜產卵期間平均風速在 4 月至 9 月相對穩定，約為 2.0 至 3 m/s，但在 7 月颱風來臨之時明顯升高至 11.1 m/s(7/23-28 剛好是當月潮汐最高之時)，顯示出綠蠵龜產卵棲地可能受到較強的波浪衝擊。9 月和 10 月則因為測站損壞而無風速資料【表 11】。最大潮高從 4 月的 0.61 m 逐漸增加，在 7 月達到最高值 1.09 m，然後在 8 月和 9 月維持在約 0.92 m 和 0.99 m 之間，最後在 10 月略降至 0.96 m【表 11】。

【表 11】2024 年 4 月至 10 月風速與潮汐資料表

月份	月平均 - 風速(m/s)	當時風速(m/s)	當月最高潮高(m)
4月	2.0	3.6	0.61
5月	2.1	1.9	0.75
6月	2.1	3.0	0.89
7月	3.0	11.1	1.09
8月	2.1	2.3	0.92
9月	0.7	-	0.99
10月	0.0	-	0.96

資料來源：中央氣象署 2024 年

當海浪覆蓋到海龜的卵窩之時，增加了卵被淹沒或遭受破壞的風險。因此，在這樣的環境下，卵窩受到環境壓力的風險顯著提高【圖 27】。



【圖 27】2024 年 4 月至 10 月風速與潮汐關係圖

資料來源：2024 年中央氣象署

## 二、小琉球綠蠵龜產卵棲地背景分析

小琉球有調查紀錄過母龜上岸產卵之沙灘共有 7 處，分別為中澳沙灘、漁埕尾沙灘、龍蝦洞沙灘、龜仔路腳沙灘（網美老木）、美人洞沙灘、肚仔坪沙灘及蛤板灣沙灘，根據海保署所提供之數據顯示，沙灘面積最大者為漁埕尾沙灘  $6136m^2$ ，平均縱深最深為中澳沙灘 33cm，橫常最長為漁埕尾沙灘 327m【表 12】面積範圍如【圖 28】、【圖 29】、【圖 30】、【圖 31】、【圖 32】、【圖 33】。

【表 12】小琉球沙灘基礎資料搜集

小琉球沙灘環境紀錄						
沙灘	面積( $m^2$ )	排名	縱深 ( m )	排名	橫長 ( m )	排名
漁埕尾沙灘	6136	1	18	4	327	1
肚仔坪沙灘	4227	3	15	5	288	2
蛤板灣沙灘	4045	4	20	3	227	3
中澳沙灘	5584	2	33	1	168	4
龜仔路腳沙灘	1020	7	12	7	95	5
美人洞沙灘	1105	6	14	6	73	6
龍蝦洞沙灘	1734	5	27	2	55	7



【圖 28】中澳沙灘面積範圍



【圖 29】肚仔坪沙灘面積範圍



【圖 30】美人洞沙灘面積範圍



【圖 31】魚程尾沙灘面積範圍



【圖 32】蛤板灣沙灘面積範圍



【圖 33】龍蝦洞沙灘面積範圍



### 三、母龜生殖生態調查

#### (一) 產卵沙灘夜間巡守

2024 年 2 月 16 日至 10 月 30 日期間，進行小琉球潛在產卵沙灘夜間巡視東側 350 班次，西側 409 班次，共 759 班次，詳【附件三】。

由於 7/23-28、8/7、8/16-17、8/21、9/3、9/8、9/21-22、10/1-10/7 期間，小琉球受到颱風、西南氣流之惡劣氣候或在地活動的影響，出於安全考量或在地民俗風情，取消夜間巡視工作。

#### (二) 2024 年綠蠵龜形質基本資料及歷年比較

2 月至 10 月調查期間，共調查到 3 隻產卵母龜，分別於肚仔坪沙灘、中澳沙灘及漁埕尾沙灘進行產卵，標號如【表 13】(後續內容皆以左後標代碼作為產卵母龜代稱)，這 3 隻母龜中，除了 TWOCA4425 為舊紀錄的個體外，其餘兩隻 (TWOCA0610 和 TWOCA0723) 皆為新紀錄龜。形質測量結果如【表 14】，3 隻產卵母龜，平均背甲直線長、寬分別為 96cm 及 76cm、平均背甲曲線長、寬分別 103.3cm 及 90.3cm。歷年母龜大小經統計分析，2022 年與 2024 年母龜平均背甲直線長 ( $f=3.94, p=0.08$ )、寬 ( $f=0.04, p=0.96$ ) 及平均背甲曲線長 ( $f=0.05, p=0.95$ )、寬 ( $f=0.28, p=0.76$ ) 無顯著差異，而 2023 年因只有一隻產卵母龜，故無法進行多重比較。

【表 13】2024 年綠蠵龜產卵母龜標號記錄表

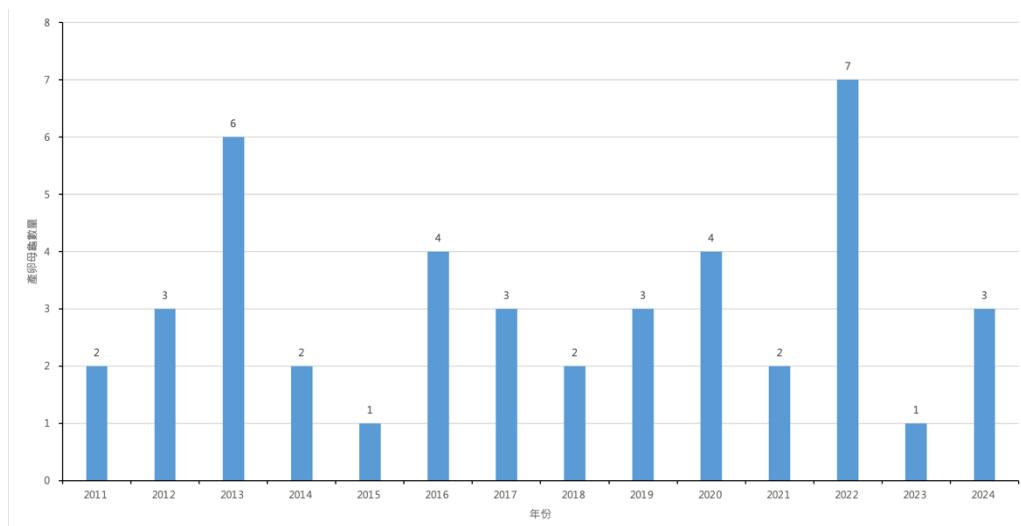
產卵沙灘	左前標	右前標	左後標	右後標
肚仔坪	TWOCA 0612	TWOCA 0608	TWOCA 4425	TWOCA 4500
中澳	TWOCA 0703	TWOCA 0710	TWOCA 0610	TWOCA 0606
漁埕尾	TWOCA 0614	TWOCA 0615	TWOCA 0723	TWOCA 0722

【表 14】2022-2024 年綠蠵龜直線與曲線背甲長寬測量數據表

年份	母龜編號	背甲直線長(cm)	背甲曲線長(cm)	背甲直線寬(cm)	背甲曲線寬(cm)
2022	TW5180	89	94.8	69	86.7
2022	TW0702	105	110.4	85	97
2022	TW3833	105	112	80	101
2022	TW4200	91	98	75	88
2022	TW4478	99	105	75	96
平均		97.8	104.0	76.8	93.7
2023	TW0601	76	102	75	91
2024	TW4425	103	110	81	98
2024	TW0610	94	102	73	89
2024	TW0723	91	98	74	84
平均		96.0	103.3	76.0	90.3

### (三) 歷年小琉球綠蠵龜上岸數量紀錄

根據 2024 年海保署海龜保育計畫及本協會 2022 年至 2024 年的數據顯示 2011 年至 2024 年共有 36 隻新產卵母龜及 7 隻舊龜上岸產卵，卵窩總數達到 139 窩，新龜比例為 84%、平均每年產卵 11 窩【圖 34】。



【圖 34】2011 年-2024 年小琉球產卵母龜數量變化圖



#### (四) 2024 年產卵位置分析

根據調查資料顯示，除了 TWOCA0610 曾在 7 月 16 日從中澳沙灘轉移到漁埕尾沙灘尋找產卵地，其餘母龜對產卵沙灘展現出高度的忠誠度，皆選擇在原有的沙灘產卵，未曾轉移至新的沙灘。此外，TWOCA0610 只有這一次轉移到漁埕尾沙灘，其他所有上岸產卵行為皆發生在中澳沙灘。

##### 1. 肚仔坪沙灘

於 2024 年 2 月 19 日至 6 月 25 日期間，母龜編號 TWOCA4425 在小琉球肚仔坪沙灘共產下 9 窩卵【表 15】。根據海洋保育署的資料，此隻綠蠵龜早於 2013 年便已被紀錄，之後大約每隔 2 至 3 年便會進行繁殖遷徙，回到小琉球產卵，是一隻穩定洄游產卵的母龜。

【表 15】113 年小琉球產卵母龜記錄表-肚仔坪沙灘

序號	發現日期	發現地點	是否產卵	產卵位置	卵窩編號	發現狀況	大洞次數	小洞次數
1	4月4日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.1	覆沙	未知	未知
2	4月17日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.2	大洞	1	1
3	4月20日	肚仔坪沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
4	4月28日	肚仔坪沙灘	無			下海	未知	未知
5	4月29日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.3	上岸	3	1
6	5月10日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.4	產卵	未知	未知
7	5月21日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.5	大洞	4	3
8	6月1日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.6-1	爬行	1	1
9	6月2日	肚仔坪沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
10	6月2日	肚仔坪沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
11	6月3日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.6-2	揉沙	1	1
12	6月14日	肚仔坪沙灘	無			大洞	4	3
13	6月14日	肚仔坪沙灘	無			大洞	4	3
14	6月15日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.7	大洞	1	1
15	6月24日	肚仔坪沙灘	無			爬行	0	0
16	6月25日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔N.8	產卵	未知	未知
17	7月5日	肚仔坪沙灘	是	沙林交界	肚仔坪N.9	爬行	1	1

調查期間，共紀錄到 TWOCA4425，17 次上岸紀錄，其中 7 次僅上岸探查並未產卵，剩下 10 次上岸皆有成功產卵，總卵窩數為 10 窩，卵窩皆分布於肚仔坪沙灘中後段【圖 35】、【圖 36】，以上 10 窩皆產於沙林交接處【表 15】，多半有樹陰遮蔽，故主要日照時間為下午。此處為母龜(TWOCA4425)較偏好的產卵地，但因合適產卵之區域較小，產卵期間共遇到 2 次重複產卵的狀況，第一次位置在 N.1 周圍，共挖

了兩次大洞，皆將挖出的沙覆蓋在 N.1 上方；第二次重複產卵位置在 N.2，故為避免 N.2 被挖出，當下使用紅燈照射迫使母龜移動，因此驚嚇到產卵母龜，導致產卵分成 2 次才完成，為區分卵窩差異，故編號為 N.6-1 及 N.6-2。

肚仔坪沙灘因縱深較短（平均約 15 公尺）【圖 35】【表 12】，即使母龜選擇沙灘最深處產卵，颱風引起的大浪仍可能覆蓋卵窩。今年 7 月 23 日至 28 日期間，凱米颱風所帶來的大浪大幅改變了沙灘的樣貌，這也是導致肚仔 N.6 無法尋獲的原因之一。



【圖 35】2024 年肚仔坪沙灘產卵區域圖示



【圖 36】2024 年產卵母龜 TWOCA4425 產卵位置圖（肚仔坪沙灘）

## 2. 中澳沙灘

2024 年 5 月 30 日至 7 月 21 日期間，中澳沙灘觀測到今年第二隻產卵母龜，這是第一次記錄到的新個體（TWOCA0610）。在此期間，母龜共上岸 16 次，產下 4 窩卵，產卵位置接近中澳沙灘尾端【圖 37】。由於中澳沙灘遊客密度較高，其中 N.1 卵窩位於沙灘寬闊區，較容易受到遊客踩踏或干擾，因此用周圍的漂流木和尼龍繩將卵窩圍住，警示遊客，避免踩踏【圖 38】。

此外，TWOCA0610 是今年唯一一隻離開原產卵沙灘去尋找產卵地的母龜，但轉移到漁埕尾沙灘後，都很快就下海，並未做出任何產



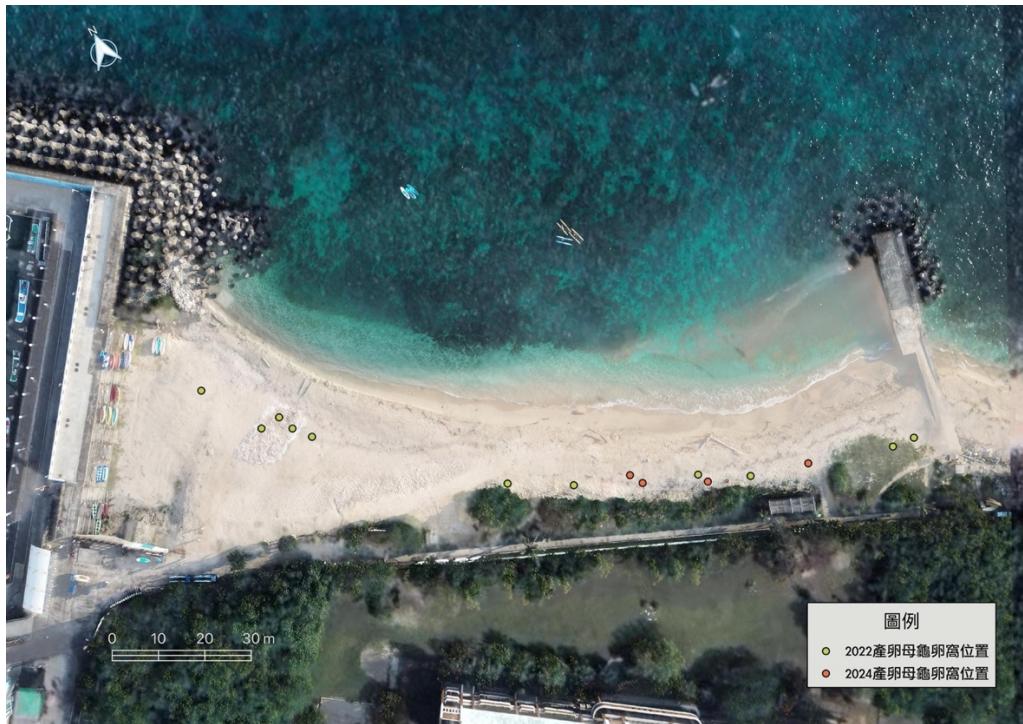
卵行為。

關於產卵位置，其中兩窩卵位於沙林交界【表 16】，但由於此區域的樹種為矮小灌木林，無法提供遮蔭效果，卵窩因此完全曝露於陽光下。中澳沙灘在凱米颱風前沙量不足，母龜在挖掘產卵洞時，經常因挖到礁岩而放棄（洞不夠深），因此 7 月 17 日至 7 月 21 日期間皆未成功產卵。這反映出沙量不足時，中澳沙灘可供產卵的適合棲地減少。

隨後，凱米颱風帶來的大浪增加了沙量，估計沙層深度增加了 30 至 40 公分。這說明小琉球沙灘的沙量會因氣候變化而波動，進而間接影響綠蠵龜的產卵行為。

【表 16】113 年小琉球產卵母龜記錄表-中澳沙灘

序號	發現日期	發現地點	是否產卵	產卵位置	卵窩編號	發現狀況	大洞次數	小洞次數
1	5月30日	中澳沙灘	是	沙灘	中澳N.1	上岸	2	2
2	6月11日	中澳沙灘	是	沙草交界	中澳N.2	產卵	未知	未知
3	6月23日	中澳沙灘	是	沙林交界	中澳N.3	大洞	1	1
4	7月3日	中澳沙灘	無			下海	未知	未知
5	7月3日	中澳沙灘	無			大洞	4	1
6	7月6日	中澳沙灘	無			爬行	7	3
7	7月7日	中澳沙灘	是	沙林交界	中澳N.4	小洞	1	2
8	7月16日	漁埕尾沙灘	無			上岸	0	0
9	7月17日	中澳沙灘	無			大洞	3	1
10	7月18日	中澳沙灘	無			上岸	0	0
11	7月18日	中澳沙灘	無			爬行	0	0
12	7月19日	漁埕尾沙灘	無			上岸	0	0
13	7月19日	中澳沙灘	無			上岸	0	0
14	7月20日	中澳沙灘	無			上岸	3	0
15	7月21日	中澳沙灘	無			大洞	3	1
16	7月21日	中澳沙灘	無			爬行	10	5



【圖 37】2024 年產卵母龜 TWOCA0610 產卵位置圖 ( 中澳沙灘 )



【圖 38】中澳沙灘卵窩警示欄杆設置



### 3. 漁埕尾沙灘

第三隻產卵母龜則於 2024/6/1 至 7/20 期間，固定於漁埕尾沙灘上岸產卵，亦是第一次調查到的新龜(TWOCA0723)。上岸 23 次，共產下 5 窩【表 17】。

【表 17】113 年小琉球產卵母龜記錄表-漁埕尾沙灘

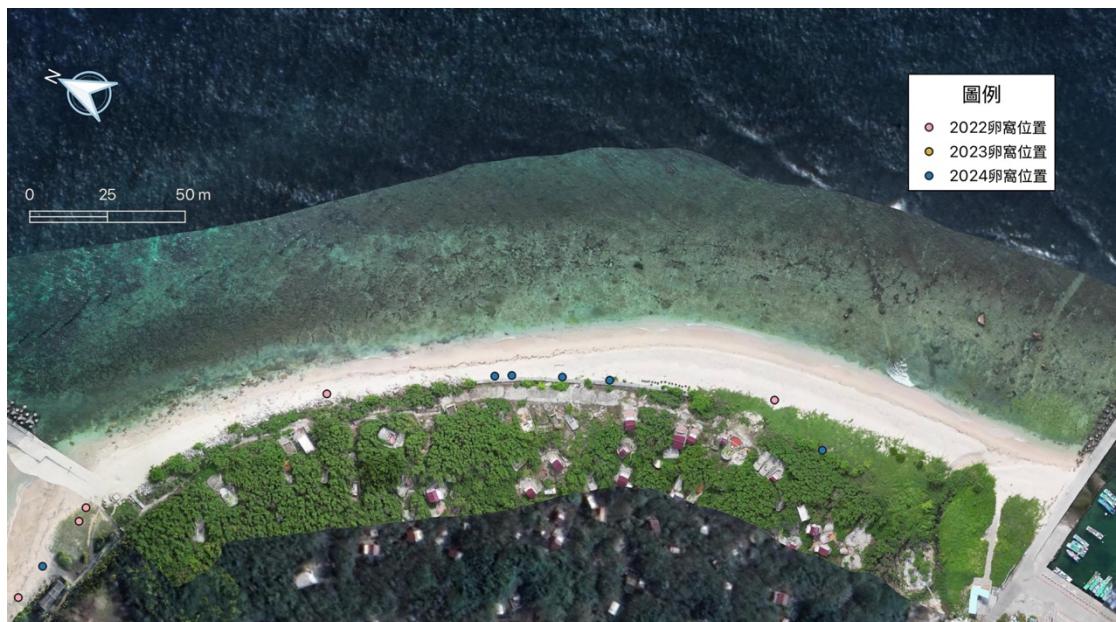
序號	發現日期	發現地點	是否產卵	產卵位置	卵窩編號	發現狀況	大洞次數	小洞次數
1	6月1日	漁埕尾沙灘	是	草林交界	魚埕尾N.1	爬行	1	1
2	6月13日	漁埕尾沙灘	是	沙灘	魚埕尾N.2	小洞	1	1
3	6月24日	漁埕尾沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
4	6月24日	漁埕尾沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
5	6月24日	漁埕尾沙灘	是	沙林交界	魚埕尾N.3	大洞	1	1
6	7月4日	漁埕尾沙灘	無			爬行	1	1
7	7月5日	漁埕尾沙灘	無			上岸	0	0
8	7月5日	漁埕尾沙灘	無			爬行	6	1
9	7月6日	漁埕尾沙灘	無			爬行	0	0
10	7月6日	漁埕尾沙灘	無			爬行	0	0
11	7月6日	漁埕尾沙灘	無			僅爬痕	未知	未知
12	7月7日	漁埕尾沙灘	無			爬行	2	2
13	7月7日	漁埕尾沙灘	是	沙堤交界	漁埕尾N.4	覆沙	未知	未知
14	7月16日	漁埕尾沙灘	無			上岸	2	2
15	7月17日	漁埕尾沙灘	無			上岸	0	0
16	7月17日	漁埕尾沙灘	無			上岸	2	0
17	7月17日	漁埕尾沙灘	無			下海	未知	未知
18	7月18日	漁埕尾沙灘	無			大洞	1	1
19	7月18日	漁埕尾沙灘	無			上岸	1	0
20	7月18日	漁埕尾沙灘	無			上岸	6	1
21	7月20日	漁埕尾沙灘	無			小洞	0	2
22	7月20日	漁埕尾沙灘	無			上岸	0	0
23	7月20日	漁埕尾沙灘	是	沙灘	漁埕尾N.5	爬行	5	2

產卵位置位於漁埕尾沙灘的中段與尾段，靠近魚福漁港一側。母龜 TWOCA0723 首次上岸產卵於傍晚 17:30，這是自 2022 年開始進行小琉球海龜產卵行為監測以來，記錄到的最早上岸產卵時間。該母龜的產卵位置位於草林交界處，此區沙灘縱深較深，達 33 公尺，具備樹蔭遮陰降溫效果，且可抵禦颱風引起的大浪侵襲【圖 39】、【圖 40】。

其餘產卵時間則為上半夜或下半夜，與其他海龜的行為模式無異。所有產卵位置皆位於沙灘中段，由於受到堤防的阻擋，母龜僅能在堤防前的沙灘上產卵。該產卵點距離高潮線僅不到 1 公尺 (140 公分)，因此在惡劣氣候條件下，颱風或大浪較容易導致卵窩被海水淹沒。



【圖 39】2024 年漁埕尾沙灘產卵區域圖示



【圖 40】2024 年產卵母龜 TWOCA0723 產卵位置圖 (漁埕尾沙灘)



## (五) 綠蠵龜產卵行為耗時觀測記錄

根據團隊回報母龜發現時間及下海時間，可整理出母龜上岸產卵所花費的時間，但每次發現母龜時的狀況不一，並不是每一次都可觀察到完整的產卵步驟，故僅收錄 8 筆完整產卵時間的資料，其平均產卵時間為 2 小時 4 分鐘【表 18】。

本團隊沙灘巡視時間為 2 小時一班，每個沙灘間隔時間至多 1 個小時半，已可監測大部分產卵母龜。另 TWOCA04225 產完 N.4 卵窩後，因進行衛星發報器裝設，故無法紀錄完整產卵時間。

【表 18】2024 年產卵母龜產卵時間記錄表

卵窩編號	產卵日期	發現時間	下海時間	總產卵時間	是否觀察到完整產卵行為	發現狀況	重複產卵
肚仔 N.1	4/4	22:05	22:33	00:28	否	覆沙	否
肚仔 N.2	4/17	19:39	22:06	02:27	否	大洞	否
肚仔 N.3	4/29	0:31	04:13	03:42	是	上岸	否
肚仔 N.4	5/10	裝衛星發報器			否	產卵	否
肚仔 N.5	5/21	1:56	05:12	03:16	否	大洞	否
肚仔 N.6-1	6/1	20:48	22:36	01:48	是	爬行	是
肚仔 N.6-2	6/3	20:25	21:07	00:42	否	揉沙	否
肚仔 N.7	6/15	1:44	03:37	01:53	否	大洞	否
肚仔 N.8	6/25	2:12	03:25	01:13	否	產卵	否
肚仔 N.9	7/5	0:00	02:15	02:15	否	爬行	是
魚埕尾 N.1	6/1	17:18	19:22	02:04	是	爬行	否
魚埕尾 N.2	6/13	23:44	6/14 01:30	01:46	否	小洞	否
魚埕尾 N.3	6/24	22:14	6/25 00:40	02:26	是	爬行	否
魚埕尾 N.4	7/7	3:14	04:35	01:21	否	覆沙	否
魚埕尾 N.5	7/20	23:06	7/21 02:13	03:07	是	爬行	是
中澳 N.1	5/30	21:36	5/31 00:47	03:11	是	上岸	否
中澳 N.2	6/11	21:58	23:13	01:15	否	產卵	否
中澳 N.3	6/23	21:48	23:56	02:08	是	爬行	否
中澳 N.4	7/7	1:54	04:18	02:24	是	小洞	否

備註：『總產卵時間』指母龜從上岸至結束下海的時間，『-』代表未知。

此外，我們分析了產卵母龜在產卵過程中的四種主要行為所花費的時間【表 19】，這四個行為包括挖大洞、挖小洞、產卵以及覆沙，以探討這些行為的時間模式及其變異性。

挖大洞所花的時間平均為 18 分鐘（標準差 7.1）。挖掘最短時間為 9 分鐘，最長為 30 分鐘；挖小洞所花的時間平均為 23 分鐘（標準差 9.5）。挖掘最短時間為 9 分鐘，最長為 40 分鐘；產卵所花的時間平均為 18.7 分鐘（標準差 6.8）。花費最短時間為 3 分鐘，最長為 31 分鐘；覆沙行為所花的時間平均為 67 分鐘（標準差 33.0）。挖掘最短時間為 28 分鐘，最長為 175 分鐘。

總體來看，覆沙行為的時間分佈最為分散，這可能反映了覆沙過程中環境或個體差異的影響。其他行為，如挖大洞和產卵，則相對穩定，表現出較低的變異性。這些數據為理解綠蠵龜在產卵過程中各行為的時間特徵提供了基礎，並有助於制定有效的保護和管理策略。

【表 19】2024 小琉球綠蠵龜產卵行為時間紀錄

卵窩編號	挖大洞 時間 (分鐘)	挖小洞 時間 (分鐘)	產卵 時間 (分鐘)	覆沙 時間 (分鐘)	是否觀察到完整 產卵行為
肚仔 N.1	-	-	-	28	否
肚仔 N.2	23	17	18	69	否
肚仔 N.3	9	27	19	103	是
肚仔 N.4	-	-	-	70	否
肚仔 N.5	30	9	20	60	否
肚仔 N.6-1	16	17	3	53	是
肚仔 N.6-2	-	-	20	39	否
肚仔 N.7	23	14	31	45	否
肚仔 N.8	-	-	26	47	否
肚仔 N.9	11	19	9	74	否
魚埕尾 N.1	11	40	16	57	是
魚埕尾 N.2	11	21	27	55	否
魚埕尾 N.3	21	38	26	55	是
魚埕尾 N.4	-	-	-	115	否
魚埕尾 N.5	12	36	16	175	是
中澳 N.1	21	18	18	60	是
中澳 N.2	-	-	17	56	否
中澳 N.3	29	24	15	50	是



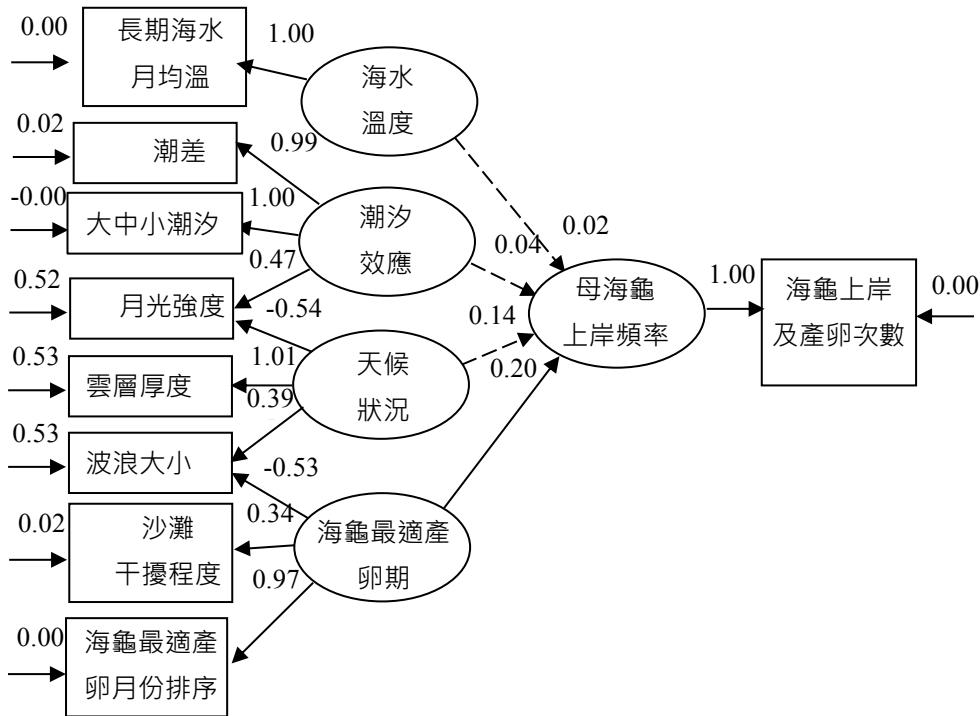
卵窩編號	挖大洞 時間 ( 分鐘 )	挖小洞 時間 ( 分鐘 )	產卵 時間 ( 分鐘 )	覆沙 時間 ( 分鐘 )	是否觀察到完整 產卵行為
中澳 N.4	33	23	21	49	是
平均	18.1	23.3	18.7	67.3	
標準差	7.1	9.5	6.8	33	

PS. 『-』代表未觀察到此行為

『完整產卵行為』指的是有觀察到挖掘大洞、小洞，產卵及覆沙這 4 個行為。

## (六) 以結構方程模式(Structural equation modeling ; SEM)建構小琉球之海龜上岸產卵的概念模式

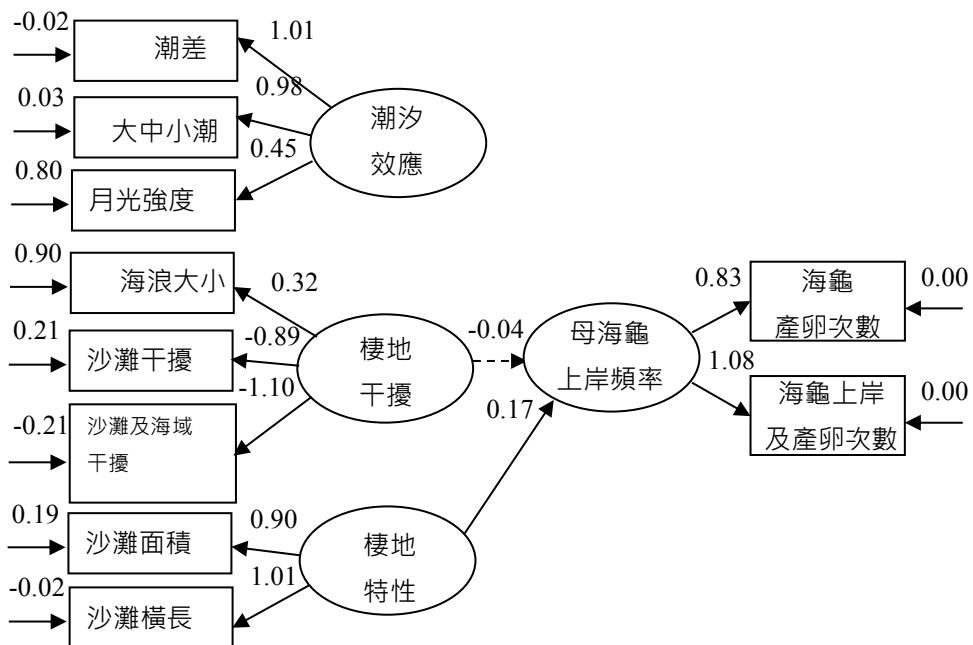
在結構方程模式的建構方面，計完成兩個概念模式(圖 1 和圖 2)，並完成模式驗證與模式解析。



【圖 41】2024 年小琉球海域環境因子對海龜上岸之影響模式圖

(Root mean square error of approximation; RMSEA=0.053；實心箭頭：影響顯著；虛線箭頭：影響不顯著)。

模式結果顯示，產卵期(3~8 月)為海龜主要上岸產卵的重要原因，另外多雲、月光少、海浪大所呈現的「天候狀況」，似乎也對海龜上岸有正向的影響，但是並不顯著( $t=1.65$  略小於 1.96 的門檻)；至於海水溫度並未顯示出愈高溫愈適合海龜上岸產卵的情形。此外，海龜產卵似乎也不受每月大潮與否之影響。



【圖 42】2024 年小琉球海域棲地對海龜上岸之影響模式圖

(Root mean square error of approximation; RMSEA=0.059；實心箭頭：影響顯著；虛線箭頭：影響不顯著)。

模式分析結果顯示沙灘棲地特性，為海龜主要選擇上岸產卵的主要原因，海龜主要喜歡於面積大及寬度廣的沙灘上岸進行產卵。至於沙灘上的其他干擾因子及潮汐，則並非影響海龜上岸及產卵的主要原因。

## 四、龜卵孵化生理資料調查

### (一) 2024 年小琉球卵窩孵化狀況

計劃至 10 月底，共調查 19 個卵窩，其一因颱風過境、風浪撲打，已找不到確切位置，其餘 18 窩經孵化率調查分析，平均孵化天數為 55 天，平均卵窩深度為 76.5，總成功孵化卵數 727 顆，總未成功孵化卵數 1107 顆，總卵數 1834 顆，整體孵化率為 40%【附件四】。

這 18 個卵窩中，未成功孵化之龜卵於孵化前期死亡者，共有 161 顆(占總未成功孵化卵數的 15%)、於孵化中期死亡者，共 173 顆(占總未成功孵化卵數的 16%)、於孵化後期死亡者，共 393 顆(占總未成功孵化卵數的 36%)，無法辨識者，共 337 顆(30%)，被掠食者，共 43 顆(4%)【附件四】。

#### 1. 肚仔坪沙灘

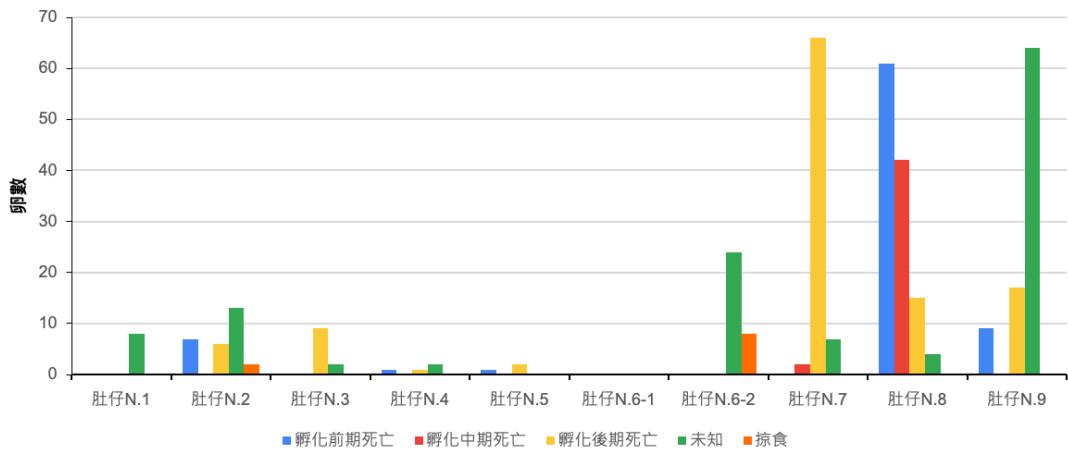
肚仔坪沙灘共有 10 個卵窩，調查紀錄 9 個卵窩，成功孵化卵數 592 顆，未成功孵化卵數 371 顆，總卵數 963 顆，整體孵化率為 61%。未成功孵化之龜卵於孵化前期死亡者，共有 79 顆、於孵化中期死亡者，共 44 顆、於孵化後期死亡者，共 116 顆，無法辨識者，共 122 顆，被掠食者，共 10 顆。

【表 20】2024 小琉球肚仔沙灘坪卵窩孵化率紀錄

卵窩編號	產卵日期	孵化天數	成功 孵化卵數	未成功 孵化卵數	總卵數	孵化率	前期 死亡	中期死亡	後期死亡	未知	掠食	平均 卵窩深度
肚仔N.1	4/4	60	99	8	107	92.5%				8		63.3
肚仔N.2	4/17	52	84	28	112	75.0%	7		6	13	2	83.0
肚仔N.3	4/29	55	131	11	142	92.3%			9	2		70.3
肚仔N.4	5/10	56	106	4	110	96.4%	1		1	2		74.0
肚仔N.5	5/21	53	110	3	113	97.3%	1		2			72.5
肚仔N.6-1	6/1	-		0								32.0
肚仔N.6-2	6/3	53*	27	30	57	45.8%				22	8	32.0
肚仔N.7	6/15	55*	16	75	91	17.0%		2	66	7		100.0
肚仔N.8	6/25	-	0	122	122	0.0%	61	42	15	4		63.8
肚仔N.9	7/5	55*	19	90	109	17.0%	9		17	64		82.7
平均/加總		55	592	371	963	61%	79	44	116	122	10	67

備註：「\*」代表孵化天數為預估值

根據數據顯示，肚仔 N.5 之前的卵窩孵化率介於 75% 至 97.3%，而在此之後產下的卵窩孵化率則呈現下降趨勢，降至 0% 至 45.8%【表 20】。其中，肚仔 N.7 的龜卵主要在孵化後期死亡，肚仔 N.8 的龜卵則多在孵化前期死亡，而肚仔 N.9 及 N.6-2 的龜卵大多因無法觀察是否受精，故無法判定死亡階段【圖 43】。



【圖 43】2024 年肚仔坪卵窩死亡階段趨勢圖

## 2. 中澳沙灘

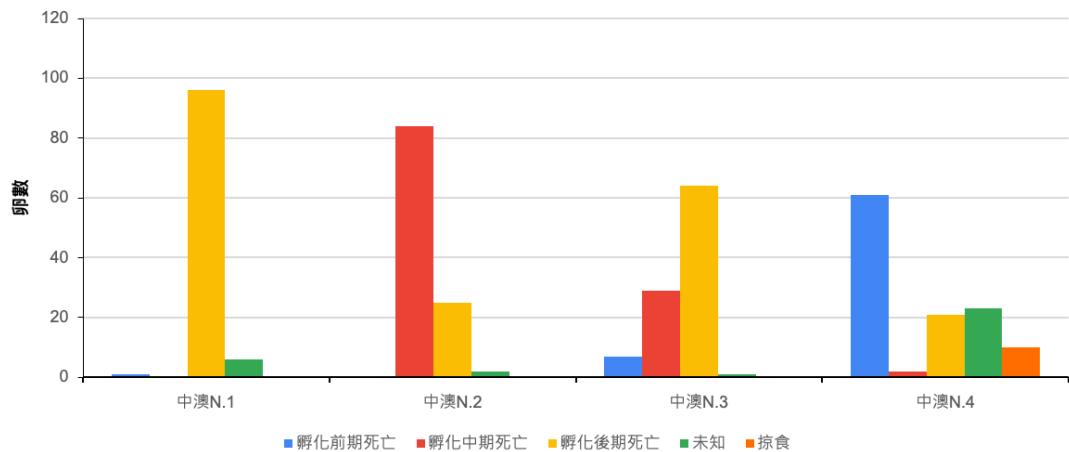
中澳沙灘共有 4 個卵窩，成功孵化卵數 20 顆，未成功孵化卵數 432 顆，總卵數 452 顆，整體孵化率為 4%。未成功孵化之龜卵於孵化前期死亡者，共有 68 顆、於孵化中期死亡者，共 115 顆、於孵化後期死亡者，共 206 顆，無法辨識者，共 33 顆，被掠食者，共 10 顆。

【表 21】2024 小琉球中澳沙灘卵窩孵化率紀錄

卵窩編號	產卵日期	孵化天數	成功 孵化卵數	未成功 孵化卵數	總卵數	孵化率	前期 死亡	中期死亡	後期死亡	未知	掠食	平均 卵窩深度
中澳N.1	5/30	55*	13	103	116	11.2%	1		96	6		100.0
中澳N.2	6/11	-	0	111	111	0.0%		84	25	2		82.7
中澳N.3	6/23	60*	6	101	107	6.0%	7	29	64	1		104.7
中澳N.4	7/7	-	1	117	118	0.0%	60	2	21	24	10	122.7
平均/加總		58	20	432	452	4%	68	115	206	33	10	103

備註：「\*」代表孵化天數為預估值

根據調查數據顯示，中澳沙灘的綠蠵龜卵窩孵化率普遍偏低【表 21】。如下圖所示【圖 34】，在中澳 N.1 和中澳 N.3 卵窩中，死亡主要集中於孵化後期。中澳 N.2，卵窩，死亡主要集中於中期，而中澳 N.4 則呈現前期死亡數較多的趨勢。



【圖 44】2024 年中澳沙灘卵窩死亡階段趨勢圖

### 3. 漁埕尾沙灘

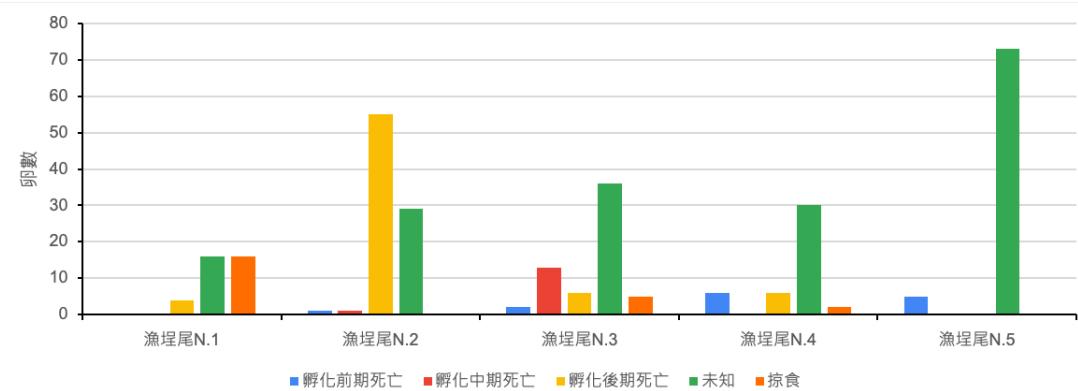
中澳沙灘共有 5 個卵窩，成功孵化卵數 115 顆，未成功孵化卵數 304 顆，總卵數 419 顆，整體孵化率為 27%。未成功孵化之龜卵於孵化前期死亡者，共有 14 顆、於孵化中期死亡者，共 14 顆、於孵化後期死亡者，71 顆，無法辨識者，共 182 顆，被掠食者，共 23 顆。

【表 22】2024 小琉球漁埕尾沙灘卵窩孵化率紀錄

卵窩編號	產卵日期	孵化天數	成功 孵化卵數	未成功 孵化卵數	總卵數	孵化率	前期 死亡	中期死亡	後期死亡	未知	掠食	平均 卵窩深度
漁埕尾N.1	6/1	60*	42	34	76	53.8%			4	14	16	63.8
漁埕尾N.2	6/14	55*	3	86	89	7.0%	1	1	55	29		94.1
漁埕尾N.3	6/24	46	33	62	95	34.0%	2	13	6	36	5	88.3
漁埕尾N.4	7/7	51	37	44	81	45.0%	6		6	30	2	62.2
漁埕尾N.5	7/21	-	0	78	78	0.0%	5			73		62.2
平均/加總		53	115	304	419	27%	14	14	71	182	23	74

備註：「\*」代表孵化天數為預估值

根據調查數據顯示，漁埕尾沙灘卵窩孵化率略高於中澳沙灘，但還是與肚仔坪沙灘的孵化率有段差距【表 21】。在卵窩死亡階段的數據中顯示漁埕尾 N.1 龜卵主要死亡數量最多者為被掠食、其次為後期死亡較多，漁埕尾 N.2 龜卵死亡主要集中於孵化後期。漁埕尾 N.3、N.4、N.5 卵窩中的龜卵大多因無法觀察是否受精，故無法判定死亡階段。



【圖 45】2024 年漁埕尾沙灘卵窩死亡階段趨勢圖

### (一) 2024 年小琉球卵窩孵化溫度結果

以單因子獨立樣本 ANOVA 分析各沙灘平均孵化溫度結果，顯示不同沙灘平均孵化溫度有顯著差異，( $F=33.13$ ， $p=0.0001$ )，Scheffe 事後比較，顯示肚仔坪沙灘孵化溫度 ( $M = 29.7$ ,  $SD=0.16$ ) 顯著低於中澳沙灘 ( $M = 32.8$ ,  $SD=0.91$ ) 及漁埕尾沙灘 ( $M = 32.1$ ,  $SD=0.05$ )，中澳沙灘 ( $M = 32.8$ ,  $SD=0.91$ ) 及漁埕尾沙灘 ( $M = 32.1$ ,  $SD=0.05$ ) 間則無顯著差異 ( $P=0.3$ 【表 23】)。

決定綠蠵龜孵化稚龜性別的因素為溫度，根據稚龜孵化確定性別的時間，大約是孵化時間的第 2/3 期，故此時的平均卵窩溫度將會是『決定性別』的關鍵，以單因子獨立樣本 ANOVA 分析各沙灘第 2/3 期平均溫度結果，顯示不同沙灘第 2/3 期平均溫度有顯著差異，( $F=31.61$ ， $p<0.001$ )，Scheffe 事後比較顯示肚仔坪沙灘第 2/3 期平均溫度 ( $M = 29.6$ ,  $SD=0.4$ ) 顯著低於中澳沙灘 ( $M = 34.7$ ,  $SD=2.2$ ) 及漁埕尾沙灘 ( $M = 33.3$ ,  $SD=0.8$ )，中澳沙灘 ( $M = 34.7$ ,  $SD=2.2$ ) 及漁埕尾沙灘 ( $M = 33.3$ ,  $SD=0.8$ ) 間則無顯著差異 ( $P=0.248$ )【表 23】。



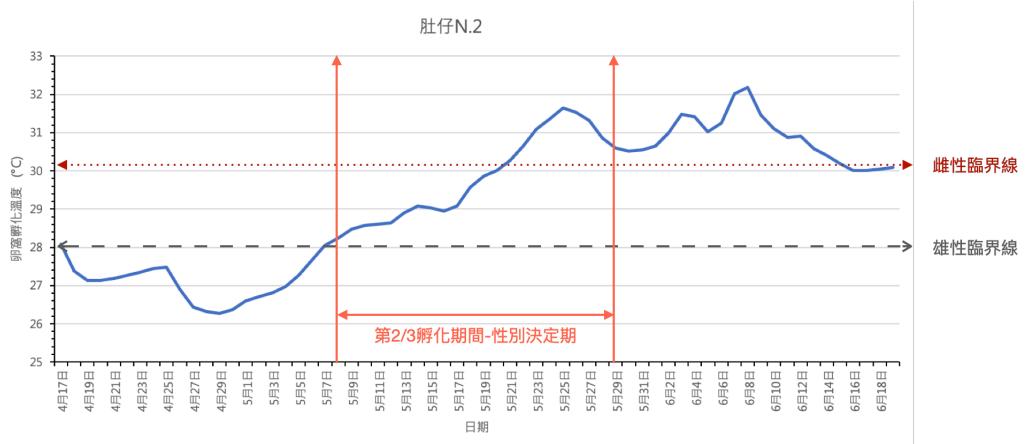
【表 23】卵窩孵化溫度資料表

卵窩編號	產卵日期	孵化天數	孵化率	最高溫度	最低溫度	平均孵化溫度	S D	第2/3期平均溫度	雌龜比率(公式計算)
肚仔N.1	4/4	60	92.5%	-	-	-	-	-	-
肚仔N.2	4/17	52	75.0%	32.3	26	29.3	1.8	29.9	100%
肚仔N.3	4/29	55	92.3%	33.8	26.9	29.6	1.9	28.8	100%
肚仔N.4	5/10	56	96.4%	-	-	-	-	-	-
肚仔N.5	5/21	53	97.3%	34.6	25.6	30.2	2.4	29.11	100%
肚仔N.6-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
肚仔N.6-2	6/3	*55	45.8%	31.4	27.7	29.5	1.20	29.75	100%
肚仔N.7	6/15	*60	17.0%	-	-	-	-	-	-
肚仔N.8	6/25	*60	0.0%	-	-	-	-	-	-
肚仔N.9	7/5	*55	17.0%	32.0	27.1	30.1	1.2	30.34	100%
平均		55	62%	32.8	26.7	29.7	1.7	29.6	-
中澳N.1	5/30	53	11.0%	36.0	26.3	33.1	2.3	33.69	100%
中澳N.2	6/11	無	0.0%	36.9	27.6	33.6	2.7	35.79	100%
中澳N.3	6/23	*60	6.0%	-	-	-	-	-	-
中澳N.4	7/7	46	0.008%	34.8	27.1	31.8	2.0		-
平均		50	5%	35.9	27.0	32.8	2.3	34.7	-
漁埕尾N.1	6/1	*55	53.8%	34.1	29.4	32.2	1.5	32.58	100%
漁埕尾N.2	6/14	*55	7.0%	33.5	23.8	32.2	3.1	34.29	100%
漁埕尾N.3	6/24	47	34.0%	34.0	28	31.8	1.4	32.9	100%
漁埕尾N.4	7/7	51	45.0%	-	-	-	-	-	-
漁埕尾N.5	7/21	*60	0.0%	-	-	-	-	-	-
平均		49	28%	33.9	27.1	32.1	2.0	33.3	-

『-』代表溫度計未投放或遺失。

『\*』代表孵化天數是估算的，實際孵化日會低於估算值。

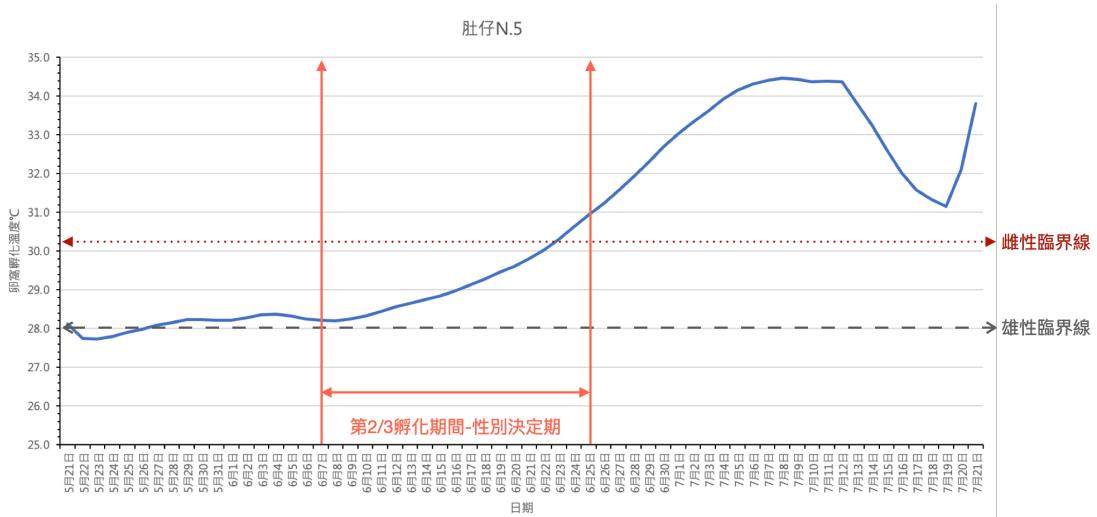
根據各別卵窩孵化溫度折線圖來看，孵化時間有經歷到颱風過境的卵窩，孵化溫度都有至少 3 度以上短時間的降溫，例如：7/23-7/25 肚仔 N.6-2 及 N.9、中澳 N.1、N.2、漁埕尾 N.1、N.2、N.3【圖 46【圖 55】。



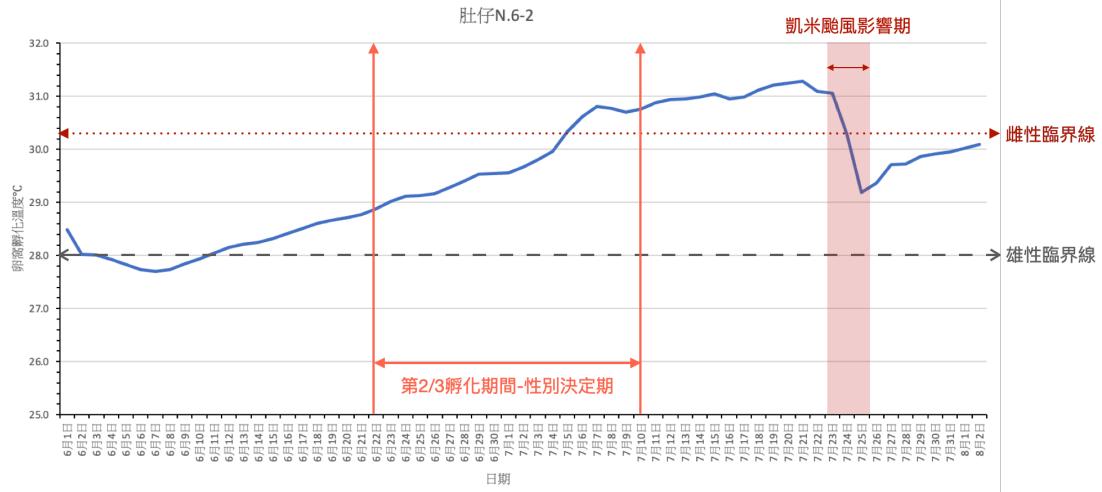
【圖 46】肚仔坪 N.2 孵化溫度變化圖



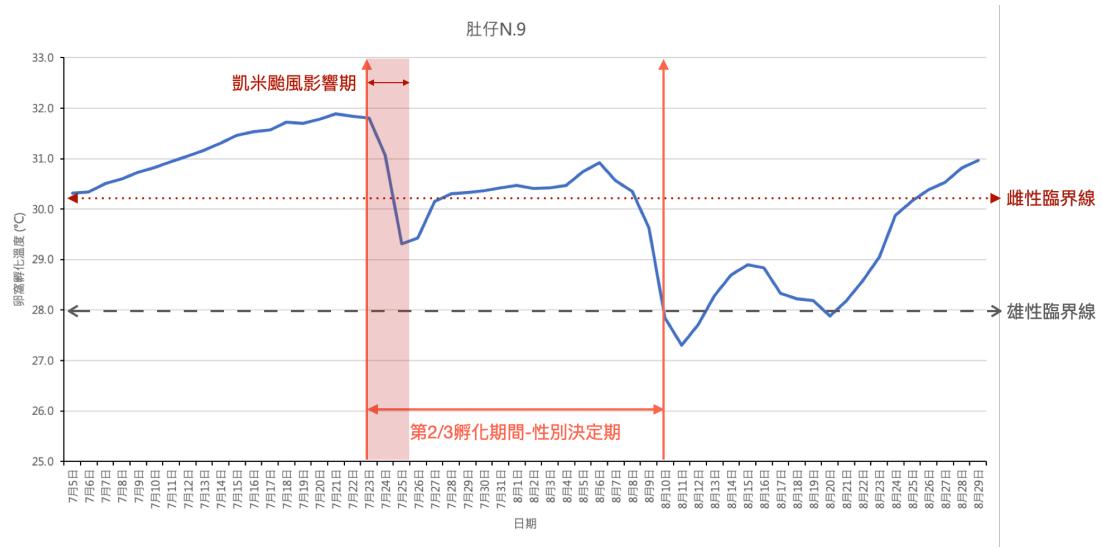
【圖 47】肚仔坪 N.3 孵化溫度變化圖



【圖 48】肚仔坪 N.5 孵化溫度變化圖



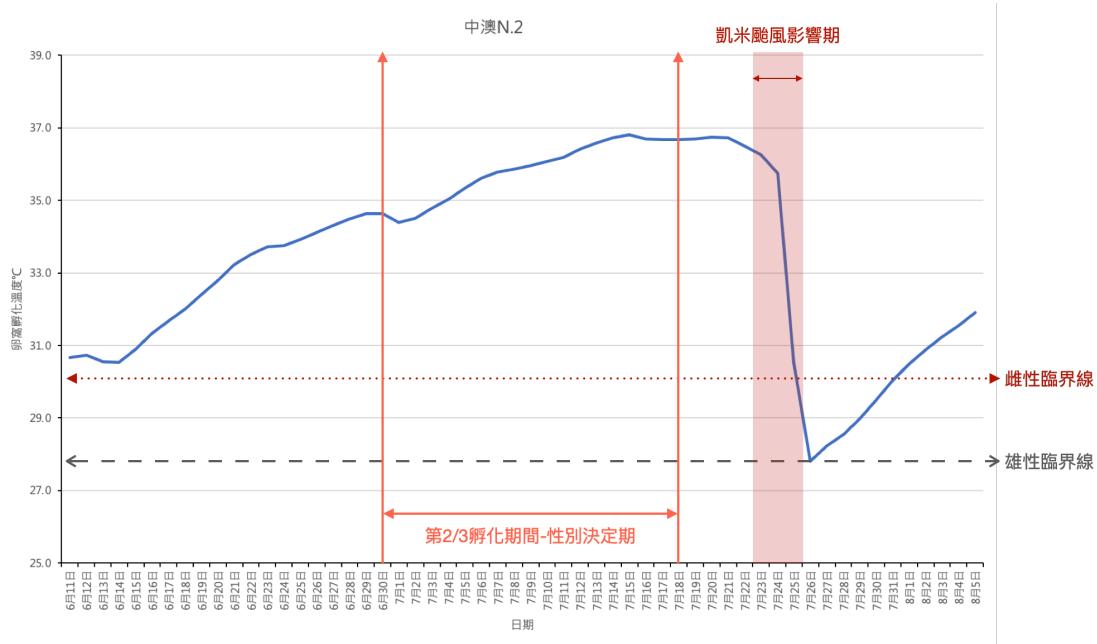
【圖 49】肚仔坪 N.6-2 孵化溫度變化圖



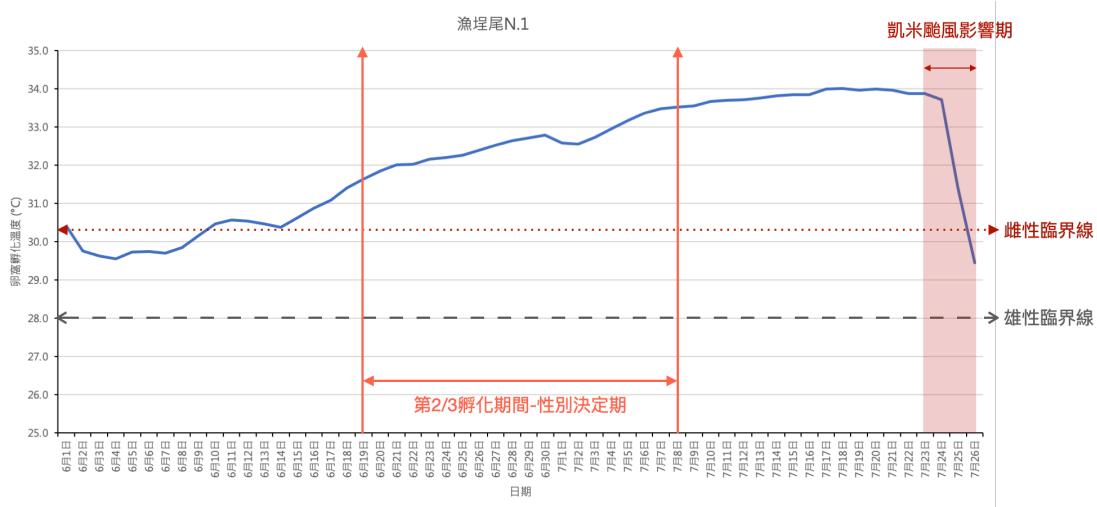
【圖 50】肚仔坪 N.9 孵化溫度變化圖



【圖 51】中澳 N.1 孵化溫度變化圖



【圖 52】中澳 N.2 孵化溫度變化圖



【圖 53】漁埕尾 N.1 孵化溫度變化圖



【圖 54】漁埕尾 N.2 孵化溫度變化圖



【圖 55】漁埕尾 N.3 孵化溫度變化圖

## (二) 歷年卵窩孵化狀況之比較

根據海洋委員會海洋保育署 2022 年至 2023 年海龜生殖生態調查成果報告書顯示 2022 年總孵化率 45% ( N=22 )、平均孵化溫度 30.7°C ( N=8 )、平均卵窩深度 62cm ( N=18 )；2023 年總孵化率 82% ( N=6 )、平均孵化溫度 30.5°C ( N=3 )、平均卵窩深度 63.2cm ( N=6 )；2024 年總孵化率 40% ( N=6 )、平均孵化溫度 31.2°C ( N=11 )、平均卵窩深度 81cm ( N=18 )【表 24】。

透過單因子變異數分析 ( one-way ANOVA ) 及事後多重比較進行歷年數據分析，結果顯示：

1. 卵窩孵化率：2023 年與 2024 年之間具有顯著差異 (  $P<0.05$  )。
2. 平均孵化溫度：2022 年與 2024 年之間具有顯著差異 (  $P<0.05$  )。
3. 卵窩深度：各年份間均無顯著差異。

【表 24】2022 年至 2024 年小琉球卵窩孵化狀況記錄表

產卵年份	卵窩編號	成功孵化卵數	未成功孵化卵數	總卵數	孵化率	平均孵化溫度	平均卵窩深度
2022	中澳N.1	13	24	37	0.35	-	44.2
2022	中澳N.3	64	43	107	0.60	-	69.3
2022	中澳未知N.1	59	7	66	0.89	-	-
2022	中澳未知N.2	80	29	109	0.73	-	-
2022	中澳未知N.3	51	83	134	0.38	-	72.5
2022	中澳未知N.4	0	151	151	0.00	-	68.7
2022	肚仔N.1	26	28	54	0.48	-	47.7
2022	肚仔N.2	24	92	116	0.21	32.09	56.2
2022	肚仔N.3	66	41	107	0.62	30.96	60.7
2022	肚仔未知N.1	111	10	121	0.92	-	-
2022	美人洞N.1	69	74	143	0.48	28.22	58.8
2022	美人洞N.2	0	392	392	0.00	28.5	61.3
2022	美人洞N.3	61	66	127	0.48	28.83	76.7
2022	美人洞N.4	45	96	141	0.32	-	-
2022	漁埕尾N.2	14	86	100	0.14	-	47.8
2022	龜仔路腳N.1	99	60	159	0.62	-	51.3
2022	龜仔路腳N.2	64	21	85	0.75	30.69	62.5
2022	龜仔路腳N.3	18	273	291	0.06	-	71.3
2022	龜仔路腳N.4	83	14	97	0.86	-	52.3
2022	龜仔路腳N.5	157	0	157	1.00	33.79	87.7
2022	龜仔路腳N.6	63	28	91	0.69	32.39	60.0
2022	龜仔路腳未知N.1	142	5	147	0.97	-	67.1
2023	蛤板灣N.1	78	45	123	0.63	-	50.0
2023	蛤板灣N.2	102	2	104	0.98	-	61.8
2023	蛤板灣N.3	73	4	77	0.95	29.99	63.6
2023	蛤板灣N.4	62	13	75	0.83	29.6	71.1
2023	蛤板灣N.5	56	35	91	0.62	-	67.5
2023	蛤板灣N.7	88	1	89	0.99	32.1	65.2
2024	肚仔N.1	99	8	107	0.93	-	63.3
2024	肚仔N.2	84	28	112	0.75	29.3	83.0
2024	肚仔N.3	131	11	142	0.92	29.6	70.3
2024	肚仔N.4	106	4	110	0.96	-	74.0
2024	肚仔N.5	110	3	113	0.97	30.2	72.5
2024	肚仔N.6-2	29	30	59	0.47	29.5	32.0
2024	肚仔N.7	16	75	91	0.17	-	43.3
2024	肚仔N.8	0	122	122	0.00	-	85.5
2024	肚仔N.9	24	85	109	0.17	30.1	72.7
2024	中澳N.1	16	102	118	0.11	33.1	100.0
2024	中澳N.2	0	111	111	0.00	33.6	82.7
2024	中澳N.3	6	101	107	0.06	-	104.7
2024	中澳N.4	1	117	118	0.00	31.8	122.7
2024	漁埕尾N.1	45	33	78	0.55	32.2	63.8
2024	漁埕尾N.2	3	86	89	0.03	32.2	94.1
2024	漁埕尾N.3	33	62	95	0.34	31.8	88.3
2024	漁埕尾N.4	37	44	81	0.45	-	62.2
2024	漁埕尾N.5	0	78	78	0.00	-	62.2



### (三) 微生物分析

本計畫共計進行小琉球肚仔坪、中澳與魚程尾等 3 地，共 18 個海龜卵窩(孵化率 0-96.4%)微生物分離，分離之細菌經初步生化性狀檢測後，選取 69 株細菌進行鑑定，其中以革蘭氏陰性菌為主，當中以假性單胞菌 (*Pseudomonas* sp.) 最多，有 11 株(15.9%)，其次為弧菌(10/69，14.5%)與希瓦氏菌屬 (*Shewanella* sp.) (8/69，11.6%) 等。另外弧菌(*Vibrio* sp.)對 14 種抗菌劑之抗藥性試驗結果則顯示 10 株弧菌對 Amoxycillin/Clavulanic Acid (60%) 具最高抗藥性，其次分別為 Ceftiofur (50%)、Nitrofurantoin (30%) 與 Oxytetracycline (20%)，而對其他 10 種抗菌劑則小於 10% 或無抗藥性【表 25】。多重抗藥性分析結果則顯示僅一株弧菌具多重抗藥性(MARi=0.36)【表 26】。

【表 25】小琉球海龜細菌分離與鑑定結果

病例編號	樣本來源	菌種
LAM113021	未孵化蛋	<i>Vibrio fluvialis</i>
LAM113154	未孵化蛋	<i>Vibrio</i> sp. 6F4
LAM113162	未孵化蛋	<i>Vibrio mimicus</i> <i>Vibrio cholerae</i>
LAM113163	未孵化蛋	<i>Vibrio fluvialis</i>
LAM113028	未孵化蛋	<i>Proteus terrae</i>
LAM113029	未孵化蛋	<i>Achromobacter pulmonis</i>
LAM113060	未孵化蛋	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
LAM113097	未孵化蛋	<i>Shewanella algae</i>
LAM113104	未孵化蛋	<i>Shewanella algae</i>
LAM113104	未孵化蛋	<i>Vibrio proteolyticus</i>
LAM113114	未孵化蛋	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
LAM113136	未孵化蛋	<i>Ectopseudomonas oleovorans</i>
LAM113136	未孵化蛋	<i>Providencia rettgeri</i>
LAM113137	未孵化蛋	<i>Agrobacterium</i> sp.
LAM113138	未孵化蛋	<i>Ectopseudomonas oleovorans</i>
LAM113154	未孵化蛋	<i>Citrobacter freundii complex</i> sp. CFNIH2
LAM113155	未孵化蛋	<i>Pseudomonas</i> sp. Marseille-P8916
LAM113162	未孵化蛋	<i>Pseudomonas</i> sp. MBEA06
LAM113163	未孵化蛋	<i>Citrobacter freundii complex</i> sp. CFNIH2
LAM113176	未孵化蛋	<i>Proteus terrae</i> subsp. <i>Cibarius</i>
LAM113176	未孵化蛋	<i>Vibrio alginolyticus</i>
LAM113197	未孵化蛋	<i>Brucella intermedia</i>
LAM113028	已孵化蛋	<i>Proteus terrae</i> subsp. <i>Cibarius</i>

LAM113029	已孵化蛋	<i>Shewanella sp. 20140106</i>
LAM113091	已孵化蛋	<i>Shewanella algae</i>
LAM113097	已孵化蛋	<i>Bacillus sp. (in: firmicutes)</i>
LAM113101	已孵化蛋	<i>Pseudomonas sp. Marseille-P8916</i>
LAM113104	已孵化蛋	<i>Achromobacter sp.</i>
LAM113115	已孵化蛋	<i>Proteus terrae subsp. Cibarius</i>
LAM113136	已孵化蛋	<i>Achromobacter xylosoxidans</i>
LAM113137	已孵化蛋	<i>Shewanella sp. 2-1</i>
LAM113154	已孵化蛋	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
LAM113163	已孵化蛋	<i>Providencia stuartii</i>
LAM113176	已孵化蛋	<i>Vibrio alginolyticus</i>
LAM113091	卵窩內層沙	<i>Pseudomonas sp. F2(2012)</i>
LAM113021	卵窩內層沙	<i>Aeromonas caviae</i>
LAM113028	卵窩內層沙	<i>Aeromonas sp.</i>
LAM113029	卵窩內層沙	<i>Shewanella algae</i>
LAM113097	卵窩內層沙	<i>Morganella morganii</i>
LAM113101	卵窩內層沙	<i>Proteus mirabilis</i>
LAM113114	卵窩內層沙	<i>Shewanella algae</i>
LAM113115	卵窩內層沙	<i>Myroides odoratimimus</i>
LAM113136	卵窩內層沙	<i>Alcaligenes faecalis</i>
LAM113137	卵窩內層沙	<i>Alcaligenes sp.</i>
LAM113138	卵窩內層沙	<i>Pseudomonas guariconensis</i>
LAM113154	卵窩內層沙	<i>Acinetobacter indicus</i>
LAM113155	卵窩內層沙	<i>Pseudomonas putida</i>
LAM113162	卵窩內層沙	<i>Achromobacter pulmonis</i>
LAM113163	卵窩內層沙	<i>Shewanella sp.</i>
LAM113197	卵窩內層沙	<i>Vibrio sp.</i>
LAM113176	卵窩外層沙	<i>Lysinibacillus sp.</i>
LAM113114	卵窩外層沙	<i>Pseudomonas sp.</i>
LAM113163	卵窩外層沙	<i>Bacillus cereus</i>
LAM113163	卵窩外層沙	<i>Aquipseudomonas alcaligenes</i>
LAM113115	卵窩外層沙	<i>Jejubacter calystegiae</i>



【表 26】小琉球海龜弧菌藥物感受性試驗結果

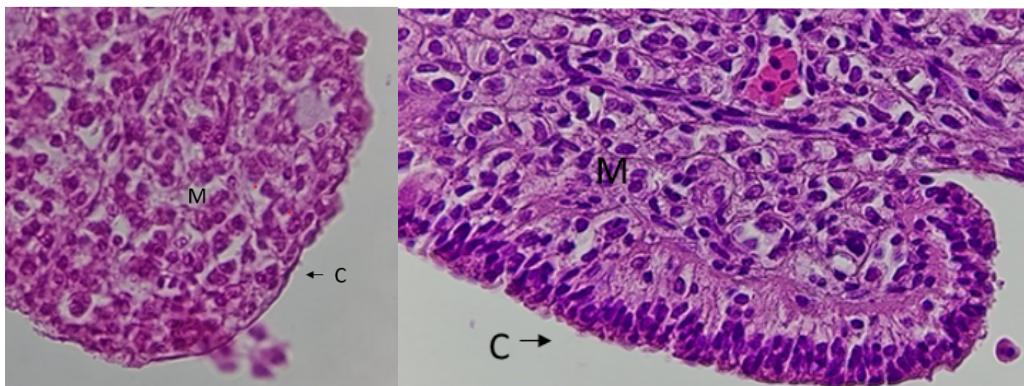
	S	I	R	Total
T30	80%(8)	0	20%(2)	10
XNL30	30%(3)	20%(2)	50%(5)	10
F/M300	50%(5)	20%(2)	30%(3)	10
D30	90%(9)	0	10%(1)	10
SXT	100%(10)	0	0	10
CRO30	60%(6)	30%(3)	10%(1)	10
AN30	50%(5)	50%(5)	0	10
ENO5	90%(9)	10%(1)	0	10
GM10	100%(10)	0	0	10
AZM15	10%(1)	80%(8)	10%(1)	10
CIP5	100%(10)	0	0	10
C30	90%(9)	10%(1)	0	10
AMC	0	40%(4)	60%(6)	10
UB30	100%(10)	0	0	10

T30: Oxytetracycline; XNL30: Ceftiofur; F/M300: Nitrofurantoin; D30: Doxycycline; SXT: Sulfamethoxazole and Trimethoprim; CRO30: Ceftriaxone; AN30: Amikacin; ENO5: Enrofloxacin; GM10: Gentamicin; AZM15: Azithromycin; CIP5: Ciprofloxacin; C30: Chloramphenicol; AMC: Amoxicillin with Clavulanic Acid; UB30: Flumequine.

S: susceptible; I: Intermediate; R: resistant.

## 五、稚龜孵化調查

本次共有 12 個死亡稚龜樣本，有 3 個為終止發育之稚龜。當中 4 個樣本因死後變化或未見性腺而無法鑑別其性別。經過組織切片製作完成後，8 個樣本可以經由其性腺判定死亡稚龜的性別，結果顯示 8 隻海龜當中，有 2 隻為雌性，6 隻為雄性，因此，稚龜性別分布方面，主要以雄性為主(75%；6/8)。雌/雄性腺特徵，如【圖 56】。



【圖 56】卵窩孵化後之死亡綠蠵龜(稚龜)於組織切片染色之性腺特徵

備註：(右)雌性，卵巢組織特徵：外層為複層立方上皮組織組成之皮質(Cortex; C)，內層則是緻密而不規則排列之髓質(Medula; M)。  
(左)雄性，睪丸組織特徵：可見其皮質僅為單層鱗狀上皮，而髓質則為曲細精管(Seminiferous tubules)所組成(H&E 染色，400 倍)。

關於死亡稚龜海龜疱疹第五型病毒 ( Chelonid herpesvirus 5; ChHV5 ) 偵測，今年總計完成 9 隻死亡稚龜 ChHV5 的偵測，結果顯示，所有稚龜皆為陰性檢出。



## 六、卵窩溫度降溫試驗

降溫實驗為 2024 年 4 月至 6 月所設置，3 種遮光方式皆可顯著降低卵窩溫度 ( ANOVA-Tukey-Kramer :  $P < 0.001$  )，但是跟直接曝曬的實驗組相較下，降溫效果不到  $1^{\circ}\text{C}$ ，可見其設置方式還有修正的空間【表 27】。關於日溫差，經 K-S 檢定各組卵窩中的日溫差「非常態分佈」，因此採用 Mann-Whitney U 檢定進行分析。結果顯示使用「50%遮光係數材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.82^{\circ}\text{C}$  ) 所照成的日溫差顯著高於「全遮罩式的材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.63^{\circ}\text{C}$  ) (  $Z = -6.849$  ,  $P < 0.001$  )；「50%遮光係數材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.82^{\circ}\text{C}$  ) 所照成的日溫差顯著高於「無遮罩式的材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.75^{\circ}\text{C}$  ) (  $Z = -2.023$  ,  $P < 0.05$  )。

「80%遮光係數材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.8^{\circ}\text{C}$  ) 所照成的日溫差顯著高於「全遮罩式的材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.63^{\circ}\text{C}$  ) (  $Z = -5.119$  ,  $P < 0.001$  )。

「全遮光係數材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.63^{\circ}\text{C}$  ) 所照成的日溫差顯著低於「無遮罩式的材質」(  $N=280$ , 平均日溫差 =  $0.75^{\circ}\text{C}$  ) (  $Z = -4.379$  ,  $P < 0.01$  )。

【表 27】2024 卵窩溫度降溫試驗各組平均溫度、最高溫、最低溫及平均日溫差之紀錄

遮光材質	50%N.1	50%N.2	50%N.3	50%N.4	50%N.5
平均溫度	29.4	29.2	29.1	29.3	29.5
最高溫	30.8	30.8	30.6	31.0	31.1
最低溫	25.8	25.6	26.0	25.6	25.4
平均日溫差	0.7	0.9	0.6	0.9	1.0
遮光材質	80%N.1	80%N.2	80%N.3	80%N.4	80%N.5
平均溫度	29.4	29.4	29.3	29.5	29.4
最高溫	30.7	31.2	31.0	31.1	31.1
最低溫	26.7	25.6	25.6	25.1	25.3
平均日溫差	0.4	0.9	0.9	0.9	0.9
遮光材質	全遮光N.1	全遮光N.2	全遮光N.3	全遮光N.4	全遮光N.5
平均溫度	29.5	29.3	29.6	29.5	29.6
最高溫	30.9	30.7	31.0	30.8	30.9
最低溫	24.8	24.6	26.3	26.5	26.4
平均日溫差	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5
遮光材質	無遮光N.1	無遮光N.2	無遮光N.3	無遮光N.4	無遮光N.5
平均溫度	29.8	29.9	30.0	29.7	29.7
最高溫	31.3	31.7	32.1	31.2	31.4
最低溫	26.8	26.3	26.1	26.8	26.6
平均日溫差	0.5	0.9	1.1	0.5	0.7

## 七、巡護志工培訓及環境教育講座

### (一) 志工培訓

本計畫從 2 月至 6 月，總計辦理志工培訓 4 場次，共培訓 49 位志工，分別為島內（小琉球居民）志工 37 位、島外（非小琉球居民）志工 12 位。島內志工課程於 3/5 辦理，共 1 場次【表 28】；島外志工課程則於 6 月、7 月、8 月、9 月各辦理 1 場次，唯部分人員無法蒞臨現場，現場有安排線上直播聽課，故簽到單並未滿 49 位，【附件五】。

【表 28】2024 年 3 月 5 日島內志工培訓活動流程

時間	課程名稱	講師
19:00-20:00	台灣南部海龜擋淺分佈及人為影響因素	李宗賢 / 國立海洋生物博物館助理研究員 ( 獸醫師 )
20:00-21:00	小琉球海龜生殖生態及調查方式	林駿宏/台灣咾咕嶼協會專案經理



【圖 57】海龜培訓課程紀錄



## (二) 環境教育講座

為提高小琉球居民、業者及遊客對綠蠵龜生態的認識，本團隊於5月、8月及10月，共辦理5場次街頭開講，參與人數260人【表29】；另於4月至10月，共辦理26場次的室內預約制解說，參與人數242人【表30】，總計參與人數共502人。

【表29】2024年街頭開講活動辦理人數表

序	日期	人數
1	5/31	65
2	8/30	50
3	8/31	50
4	10/10	55
5	10/12	40
合計		260

【表30】2024年預約試講座活動辦理人數表

序	日期	人數
1	4/9	8
2	4/10	4
3	4/20	2
4	4/22	7
5	5/6	5
6	5/7	4
7	5/25	9
8	5/27	2
9	6/8	12
10	6/11	2
11	6/15	24
12	6/16	3
13	6/29	8
14	6/30	4
15	7/1	13
16	7/4	9
17	7/7	17
18	7/12	14

序	日期	人數
19	7/15	10
20	7/19	17
21	7/21	22
22	8/4	6
23	8/15	7
24	8/18	13
25	8/22	4
26	10/26	16
合計		242



【圖 58】街頭開講活動紀錄

參與講座活動的遊客，皆有請大家填寫事後問卷，根據問卷調查資料顯示參與海龜講座的聽眾對講座內容的滿意度調查結果，並進行了年齡層的分類分析。調查結果顯示，190 名聽眾中，有 181 人（占 95%）表示非常滿意，而 9 人（占 5%）表示還算滿意。

從年齡層的角度來看，31 至 50 歲的聽眾比例最高，共有 99 人，占總人數的 52%；19 至 30 歲的聽眾緊隨其後，共有 70 人，占 37%。9 至 18 歲和 50 歲以上的聽眾比例相對較低，分別占 6% 和 5%。這顯示，海龜講座最受 31 至 50 歲群體的青睞，並且整體滿意度極高，表明講座內容成功吸引並滿足了大多數參與者的需求。



【表 31】2024 年海龜生態講座滿意度調查分析表

年齡層	非常滿意	還算滿意	總計	聽眾比例
19~30 歲	65	5	70	37%
31~50 歲	95	4	99	52%
50 歲以上	9		9	5%
9~18 歲	11		11	6%
<b>總計</b>	<b>181</b>	<b>9</b>	<b>190</b>	
滿意度比例	95%	5%		

根據問卷調查結果，共有 181 位受訪者提供了他們如何獲知講座資訊的回答。每位受訪者可以選擇多個資訊來源，因此各選項的比例是獨立計算的。結果顯示，親友告知是最主要的資訊來源，有 112 人選擇，佔總人數的 62%。其次是民宿介紹，有 35 人選擇，佔 19%。路邊經過以 18 人、佔 10% 位居第三。社團法人台灣咾咕嶼協會 FB 粉專有 14 人選擇，佔 8%，而 IG 粉專則有 4 人選擇，佔 2%。台灣咾咕嶼協會工作人員分享和店家介紹各有 3 人選擇，分別佔 2%【表 32】。

這些數據顯示，親友與住宿業者在資訊傳遞中扮演了關鍵角色，而社群媒體和偶然經過的接觸也對講座的推廣起到了一定的輔助作用。

【表 32】2024 海龜生態講座活動資訊來源調查分析表

您如何得知講座資訊？	人數	佔總人數的比例
路邊經過	18	10%
台灣咾咕嶼協會工作人員分享	3	2%
民宿介紹	35	19%
店家介紹	3	2%
社團法人台灣咾咕嶼協會 F B 粉專	14	8%
社團法人台灣咾咕嶼協會 I G 粉專	4	2%
親友告知	112	62%



【圖 59】預約制講座宣傳海報



【圖 60】預約試講座活動紀錄

關於「小小巡查員」活動，本團隊目前與小琉球的 4 所國小及一間補習班合作，經過培訓與挑選，組成一支由 17 位 4 至 5 年級學生組成的隊伍。他們在 7 月的每個禮拜三、四、五、六、日晚上 7:30 進行巡灘調查，每天由一組最多 5 位小朋友負責，原則上活動於 9:30 結束。如果在巡查時遇到產卵母龜，我們會先通知家長，確定他們同意孩子延後回家，然後再帶著小朋友一起待到母龜完成產卵。活動中，每位學生都參與了孵化率調查和母龜產卵調查，並向遊客宣導海龜保育知



識，發送明信片以提升保育意識【圖 61】。



【圖 61】小小巡查員培訓課程紀錄（琉球國小）

小小巡查員孵化率調查體驗	小小巡查員量測母龜爬痕
小小巡查員向遊客宣導海龜保育	觀察產卵母龜

【圖 62】小小巡查員體驗海龜保育紀錄照

今年為了讓更多民眾了解在海龜產卵季時，也晚上沙灘可以怎麼做，製作了宣傳明信片提供給島上民宿、攤販集咖啡廳進行擺放宣傳，

目前已提供 3 家民宿、4 家餐廳及 3 座攤販進行宣傳擺設，另外進行街頭開講及預約試講座也都有一同發放。



【圖 63】宣傳用明信片



【圖 64】民信片放置攤位紀錄



#### (四) 針對在地居民進行海龜生態解說

為深入小琉球居民，讓生態保育理念推廣至各年齡層，從幼稚園到樂齡長者。本協會在 11/18 (一) 於小琉球三角廣場，以成果分享餐敘的方式，廣邀在地居民、遊憩業者及民宿業者一同參與，蒞臨現場的聽眾除了聽講，還有不塑餐點供聽眾取用，當天參與人數，總計達 50 人次。



【圖 65】自助式餐點



【圖 66】海龜生態分享



【圖 67】成果分享會現場照

本協會分別在 12/6 (五)、12/9 (一)、12/11 (三) 至幼稚園為孩童介紹海龜，並以有趣的遊戲引導引導孩童遇到海龜做出蹲下之行為，降低對海龜的騷擾；以及模擬協助海龜救傷行動，加深孩童對海龜之興趣。總計 3 場次，孩童及老師人數約 40 人次。



【圖 68】幼稚園海龜生態課



【圖 69】以遊戲引導孩童遇到海龜做出蹲下之行為



【圖 70】模擬協助海龜救傷行動

此外，針對樂齡長者部分，本協會分別在 11/18 (一)、12/2 (一)、12/12 (四)、12/18 (三) 至社區老人關懷據點與在地耆老分享近年在小琉球所做的海龜保育成果，並帶領長者們跳海洋保育署拍攝的海龜舞，讓長者活動筋骨的同時也對海龜多一份認識，同時也準備友善環境、標明環保標章之禮品，贈予給願意分享過往有與相關海龜經驗的長者。總計 4 場次，參與人數達 120 人次。

樂齡長者們分享的經驗，一致認為過去最常看到海龜產卵之沙灘為肚仔坪跟蛤板灣，且有不少位長者的記憶中，天還未黑的傍晚，即可看見海龜上岸產卵，可想過去海龜產卵的盛況。

其中難能可貴地聽到早年小琉球居民食用海龜卵的經驗，其一曾與家人持棒狀物至沙灘，隨機插入沙層下以測探是否有沾染破的海龜卵汁液，若有，再挖掘取出；其一則是目視海龜產卵，並於生產中徒手捧接產出的龜卵。而對於料理方式敘述大多是如鴨蛋一般醃製後食用。

亦有少數長者有印象鄰居曾捕食海龜回家、在門口處理取肉，但未深入了解料理方式，由此可知早期在小琉球食用海龜肉仍屬少數。



【圖 71】樂齡長者們齊跳海龜舞



【圖 72】禮品示意圖



【圖 73】禮品選購上遵循綠色產品、友善環境



【圖 74】樂齡長者分享海龜經驗



【圖 75】樂齡長者分享海龜經驗



【圖 76】樂齡長者挑選禮品



## 八、周邊海域海龜活動範圍調查

於 1 月至 12 月期間，分別於 1/26、2/29、3/16、4/29、5/24、6/8、7/29、8/23、9/29、10/17、11/13 及 12/3 進行海域空拍調查。結果顯示，沿岸海龜的平均數量為 514 隻次。單次計算數量最高為 10 月，共記錄 954 隻次，其次為 9 月，共記錄 841 隻次。單次計算數量最低為 1 月，僅有 77 隻次，其次為 7 月，共記錄 110 隻次。

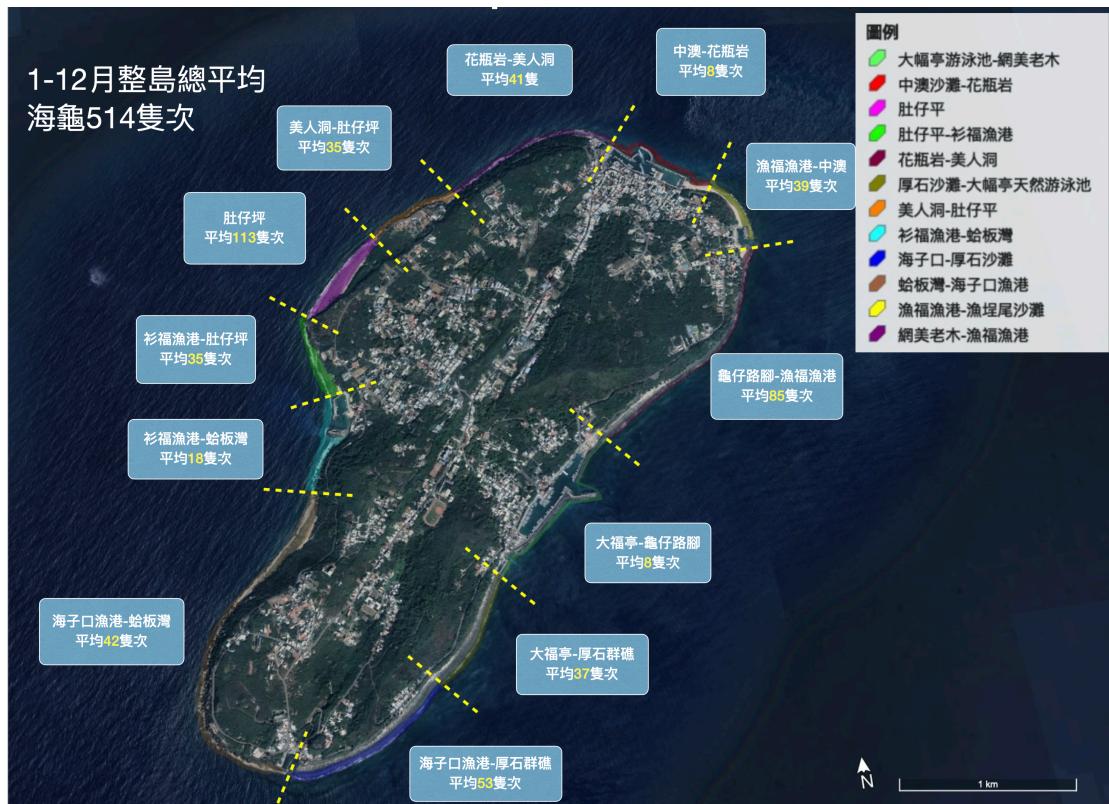
2 月份資料由於檔案毀損，無法做後續資料分析，故並未於此呈現。

根據 2023 年的觀測數據，全年平均數量為 621 隻次，略高於 2024 年的年平均海龜隻次。然而，從每月調查期間所記錄的數值來看，已觀察到顯著的數量變化。例如，1 月、6 月、7 月及 10 月的海龜數量在這 2 年間差異近 250 隻次。2024 年各區段海龜數量平均海龜數量最高之區域為小琉球西側『肚仔坪沿岸』，1 月至 12 月平均 113 隻次，相較 2023 年減少了 34 隻次；其次為『龜仔路腳→漁福漁港』，1 月至 12 月平均 85 隻次，相較 2023 年減少了 25 隻次；海龜數量最少之區域為『大幅亭→龜仔路腳』及『中澳→花瓶岩』1 月至 12 月平均 8 隻次【圖 77】【圖 78】。

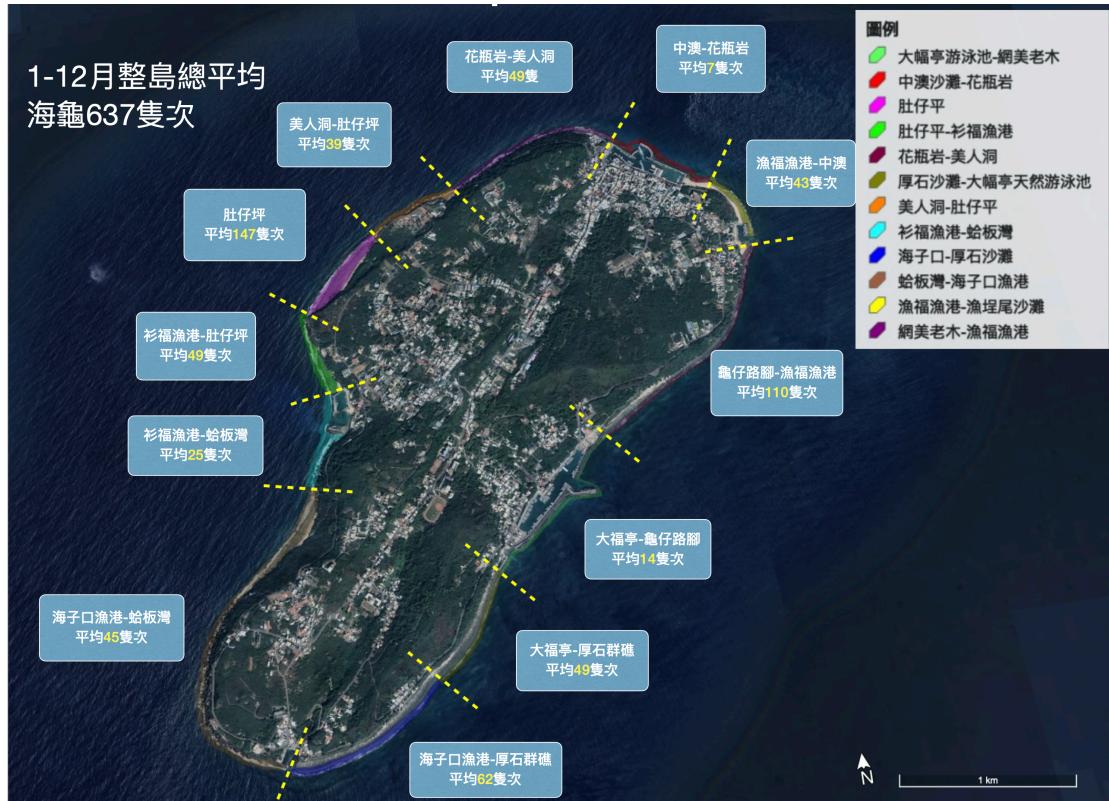
【表 33】2023 年至 2024 年小琉球週邊海岸綠蠵龜數量調查表

月份	2023年		2024年	
	海龜數量	調查時最高潮汐	海龜數量	調查時最高潮汐
1月	564	0.41	77	0.25
2月	497	0.36		
3月	573	0.37	448	0.44
4月	467	0.5	423	0.53
5月	334	0.75	577	0.64
6月	634	0.87	358	0.8
7月	531	0.55	110	0.15
8月	380	0.11	492	0.62
9月	847	0.69	841	0.74
10月	677	0.41	954	0.49
11月	981	0.39	627	0.49
12月	966	0.52	748	0.82
平均	621		514	
SD	212		276	

備註：朝高為相對當地平均海平面(以當地平均潮位為零)。



【圖 77】2024 年 1 至 12 月小琉球周邊海域各區段平均海龜數量分佈圖



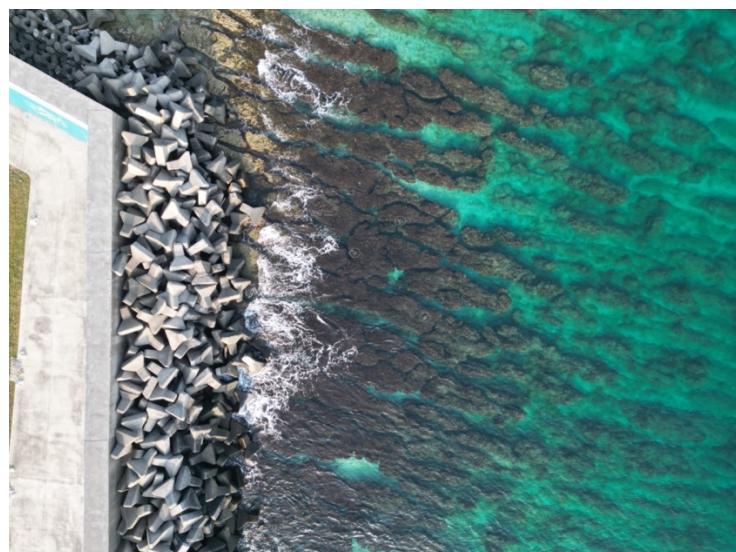
【圖 78】2023 年 1 至 12 月小琉球周邊海域各區段平均海龜數量分佈圖



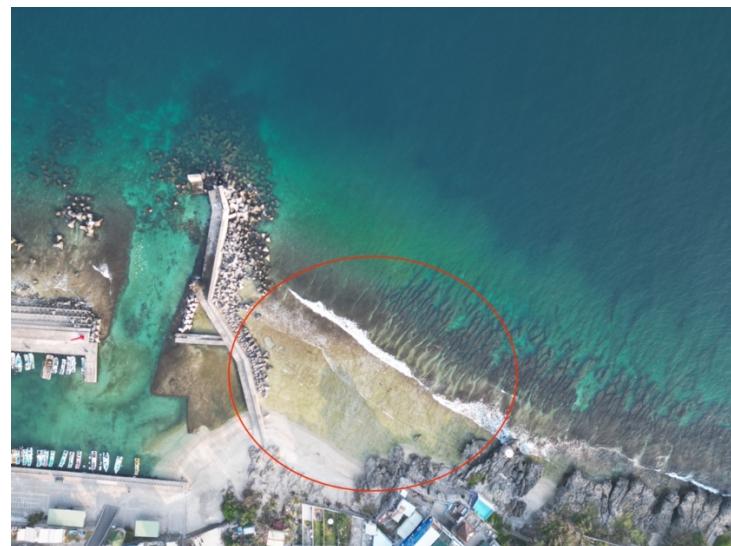
根據使用 QGIS 核密度分析所產生的熱點圖結果，如【圖 81】及【圖 82】所示，肚仔坪前的淺灘區是全年海龜活動的主要熱點。此外，不同月份還觀察到其他次要熱點區域：

1. **三月**：龍蝦洞沙灘前的淺灘以及美人洞沙灘前方區域。
2. **五月**：龍蝦洞沙灘前的淺灘。
3. **六月**：海子口至厚石之間的區域。
4. **七月**：龍蝦洞沙灘前的淺灘。
5. **八月**：海子口至厚石之間的區域。
6. **九月**：魚埕尾沙灘前的淺灘和龍蝦洞沙灘前的淺灘。
7. **十月**：美人洞沙灘前方區域。
8. **其餘月份**：除肚仔坪區域外，其他地區未顯示出顯著的次要熱點。

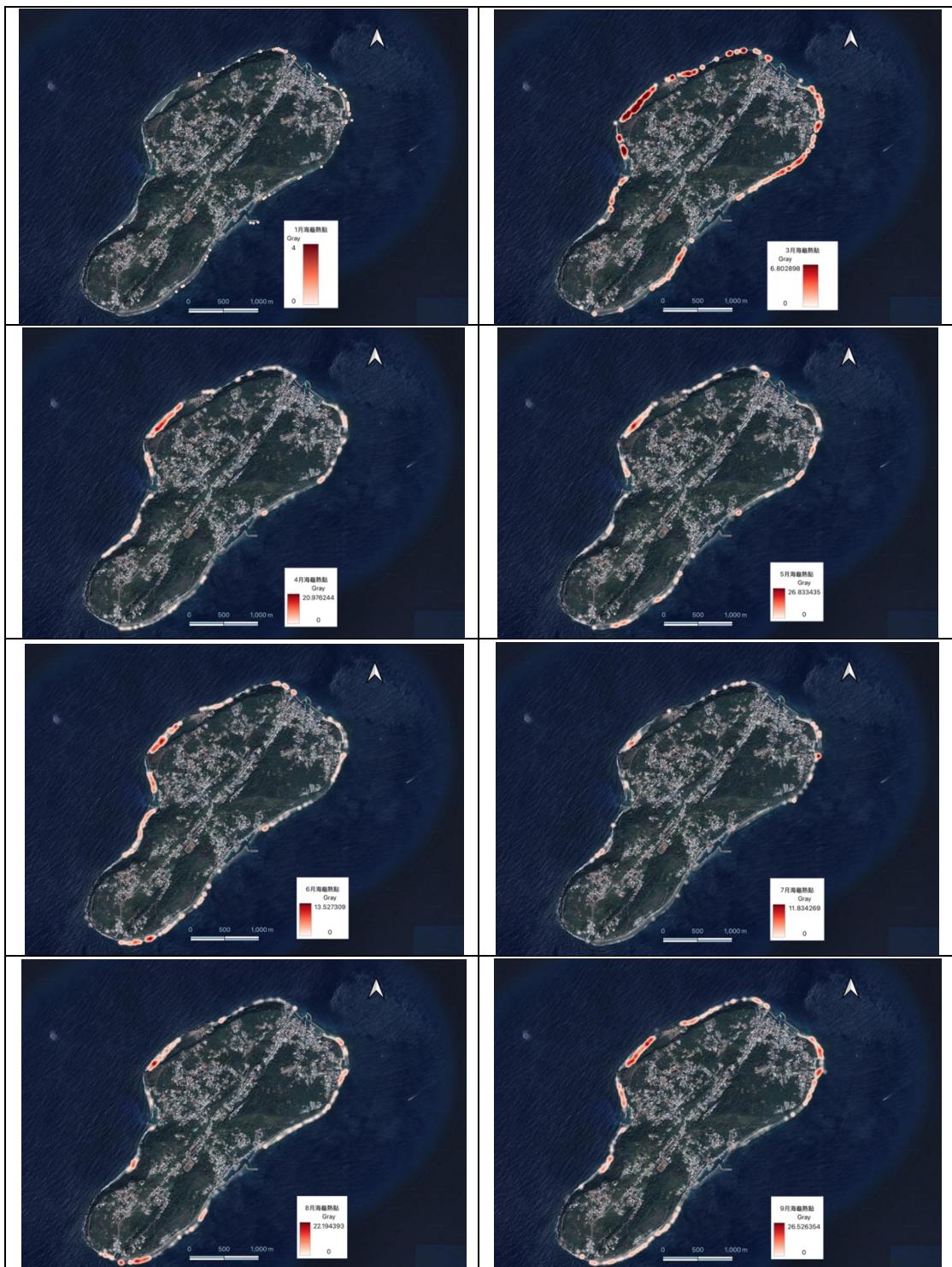
潮汐是關係海龜能否進入淺灘活動的關鍵之一，然而，經統計分析 2023-2024 年潮高與海龜數量的相關性，並無顯著相關 ( $r=0.349$ ,  $p=0.103$ )，但在調查期間有觀察到，當潮汐過低時，所能空拍的海龜數量確實會少很多，例如：【表 33】裡 2023 年的 8 月及 2024 年的 1 月及 7 月，有明顯潮汐過低，海龜無法進入淺灘活動的狀況，如【圖 79】海龜多半喜好待在黑色礁岩區域，此區域則需要漲潮時才有空間可放海龜游進去，另外淺灘地形則如【圖 80】所示，亦是需要漲潮時海龜才可進入的區域。



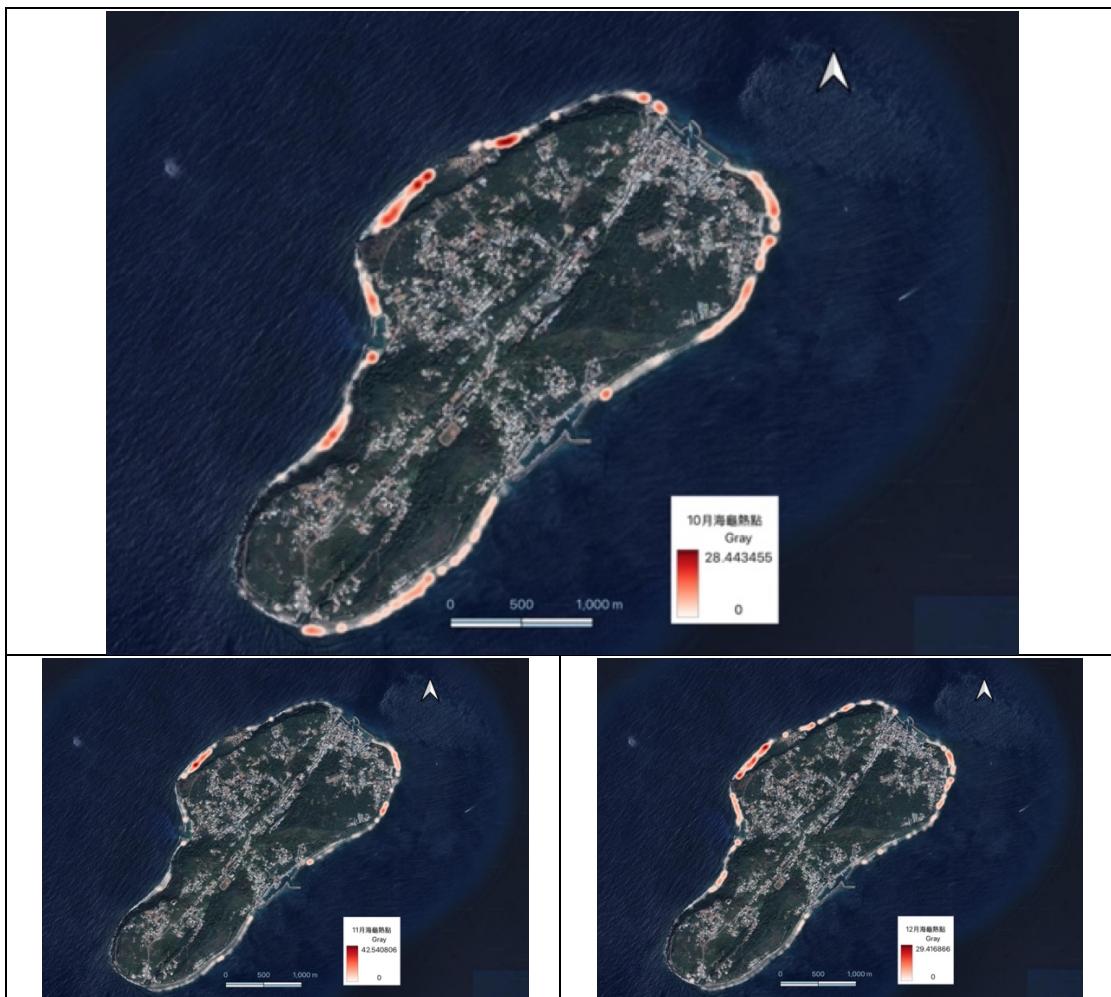
【圖 79】海龜進入淺灘區域活動空拍圖（龜仔路腳區域）



【圖 80】淺灘區域空拍圖 ( 龍蝦洞沙灘區域 )



【圖 81】2024 年 1-9 月小琉球周邊海域海龜活動熱點圖



【圖 82】2024 年 10-12 月小琉球周邊海域海龜活動熱點圖

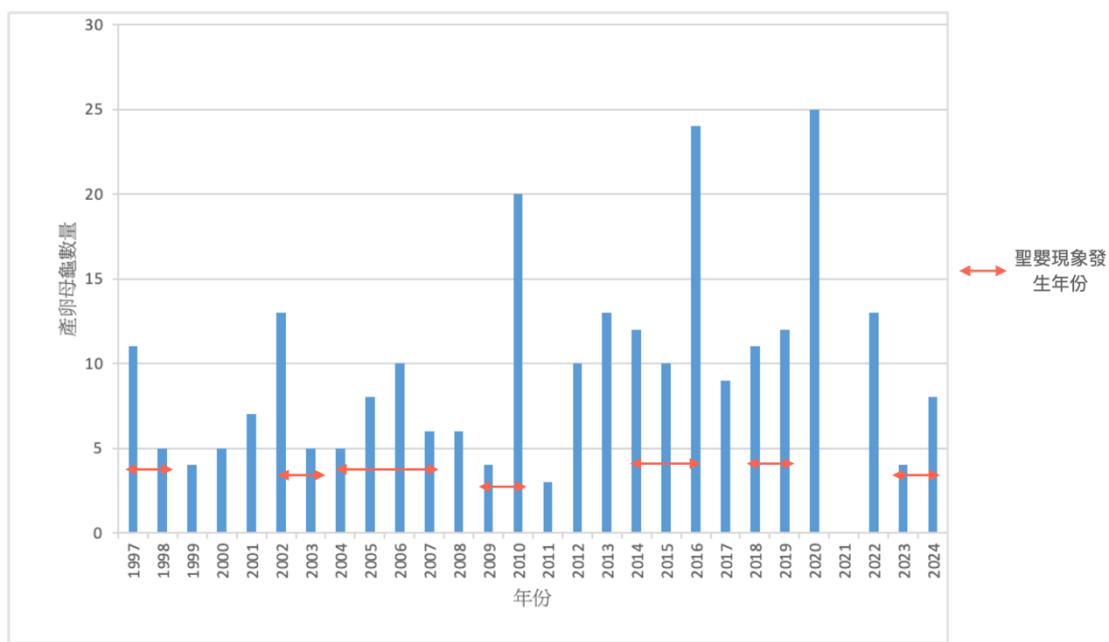
## 陸、討論

### 一、母龜生殖生態調查

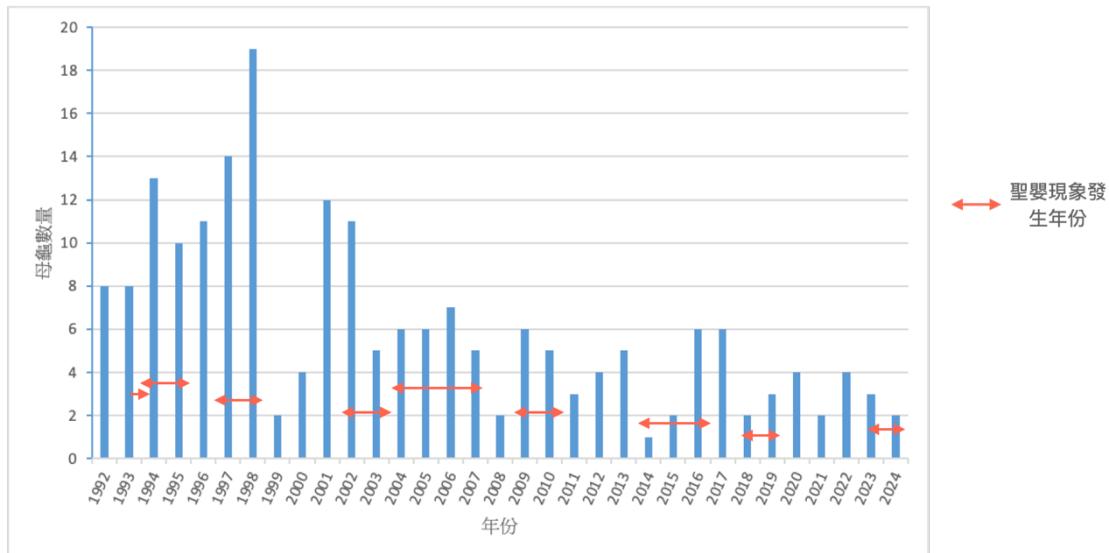
#### (一) 台灣其他綠蠵龜產卵棲地母龜歷年數量變化

台灣目前有穩定綠蠵龜產卵的三大棲地，分別為蘭嶼、澎湖望安島及小琉球。根據海保署歷年的資料統計，這三個地區的綠蠵龜母龜產卵數量有明顯的差異與趨勢變化。蘭嶼作為三地中產卵母龜數量最多的產卵棲地，1997 年至 2024 年，每年的平均產卵母龜數量約為 10 頭，每年平均卵窩數量為 15 窩，數據顯示產卵母龜族群相較小琉球的族群是較多的。

根據【圖 83】顯示歷年洄游產卵母龜數量呈現穩定波動，約每 3~4 年會有一次的產卵高峰。在這 3 個綠蠵龜產卵棲地中，是為穩定的。

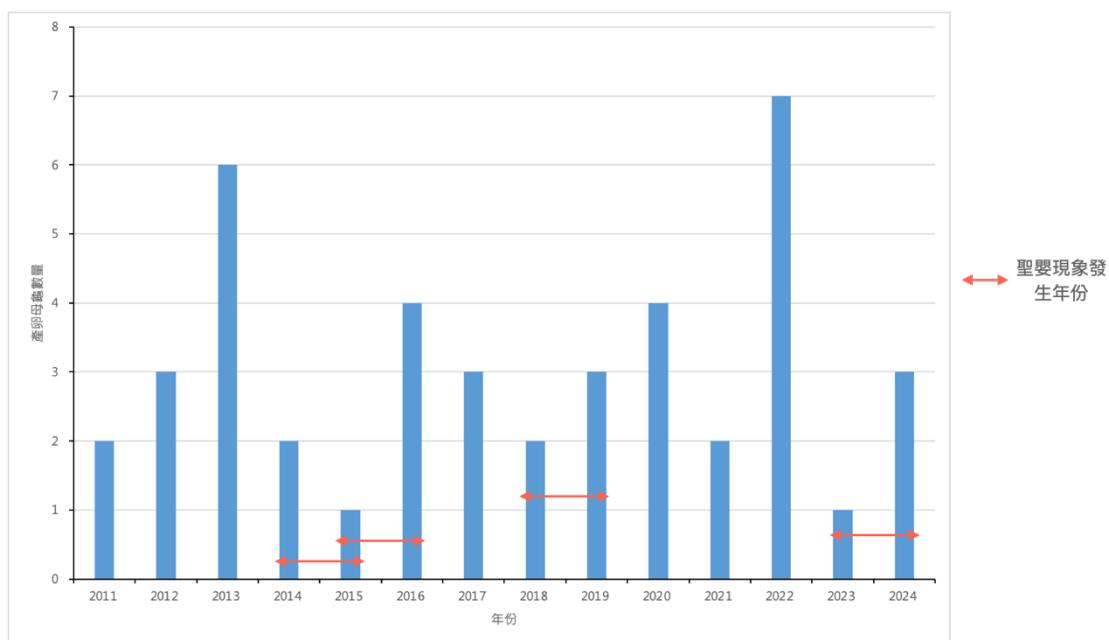


望安島的綠蠵龜產卵母龜數量呈現出截然不同的趨勢。從 1990 年代開始，望安島曾是綠蠵龜的重要產卵地之一，特別是在 1998 年前後，其母龜數量曾接近 20 頭。然而，自 2002 年後，母龜產卵數量顯著下降，近十年間平均每年僅有約 6 頭母龜產卵，顯示該地棲地可能面臨了較大的環境壓力或人類干擾【圖 84】。



【圖 84】1992 年至 2024 年望安產卵母龜數量變化圖

相比之下，小琉球的母龜產卵數量較少，每年平均約 3 頭母龜，且數據波動較小。儘管整體數量不及蘭嶼與望安島，但在某些年份，例如 2013 年與 2022 年，產卵母龜數量明顯增加，達到 6 至 7 頭，由於小琉球的母龜數量相對稀少，應進一步研究限制產卵數量的可能因素，例如棲地面積、沙灘品質或人為干擾，並針對性地改善環境條件，以提高其作為產卵地的重要性。【圖 85】



【圖 85】2011 年至 2024 年小琉球產卵母龜數量變化圖

海龜繁殖遷移大多上百公里，在遷移前需要攝取大量的食物於體內儲備能量，海龜主食為海草或海藻，而此海草與海藻可能會因為海



水溫度劇烈地上升或下降導致生產力下降，故在聖嬰現象發生，讓海水溫度產生較大變化時，可能會間接的導致產卵母龜在繁殖季節以前儲存繁殖能量的效率變差(Saragoça Bruno, 2020)，使母龜洄游產卵的意願降低，而根據氣象局的資料，1991-1992 年、1994-1995 年、1997-1998 年、2002-2003 年、2004-2005 年、2006-2007 年、2009-2010 年、2014-2015 年、2015-2016 年、2018-2019 年、2023-2024 年。發生聖嬰現象的年份，幾乎都有涵蓋三產卵地產卵母龜數量最少的一年，故推測其聖嬰現象其可能通過改變氣候與海洋環境，影響綠蠵龜的棲地及回游路徑。

## (二) 棲地環境與母龜產卵行為

在小琉球由於人為開發，合適產卵的沙灘面積縮小。這些棲息地的喪失或改變對於許多壽命長、遷徙的物種來說是個問題，因為像是有繁殖遷徙行為的海龜，對此的反應可能會很慢，適應棲息地這巨大變化可能需要跨過多個世代的時間。而目前對於不會防禦或提供資源給後代的海龜來說，因應棲地變化後的方式，僅限於卵窩位置的選擇、卵窩的設置及產後覆沙的方式 (Hughes and Brooks 2006; Royle et al., 2012)。

根據本團隊調查顯示，分別在肚仔坪沙灘、中澳沙灘及漁埕尾沙灘，上岸的海龜，在初期產卵時，皆為 1 個大洞加 1 個小洞就可完成產卵，有效率且快速，不太有一直尋找合適產卵地的行為。但 TWOCA0610 及 TWOCA0723 產完 N.2 之後，開始增加上岸次數、每次上岸挖掘大洞及小洞的次數也越來越多，也多次出現重複產卵的狀況，可見目前小琉球沙灘卵窩承載量有限，當超過這個限度，產卵母龜上岸次數、挖掘行為都會變得更為複雜。

在肚仔坪、中澳和漁埕尾三個不同沙灘，根據母龜上岸次數與實際產卵次數，去計算每個地點的產卵機率，結果顯示肚仔坪的母龜 (編號 TWOCA4425) 在觀察期間共有 17 次上岸，其中 10 次成功產卵，產卵機率為 58%。這相對較高的產卵幾率表明，肚仔坪可能具備較適合的築巢環境，或該地點的母龜較少受到人為干擾。然而，仍有 42% 的上岸次數未能產卵，可能顯示某些環境因素，仍對母龜的築巢造成影響。

其次，中澳的母龜 (編號 TWOCA0610) 在 16 次上岸中，僅有 4 次成功產卵，產卵機率為 25%。較低的產卵率顯示出該沙灘可能面臨較多的不利因素，例如光線、噪音或其他形式的干擾。人類活動的存在，或者沙灘基質的不適宜，可能使母龜難以找到合適的築巢地點，進而影響牠們的產卵行為。

最後，漁埕尾的母龜 (編號 TWOCA0723) 上岸次數最多，共 23 次，但成功產卵次數只有 5 次，產卵機率僅為 21%。顯示漁埕尾可能存在更嚴重的環境問題或人為干擾。例如，可能有藤蔓阻礙母龜築巢，或沙灘基質因過度夯實而不適合挖掘築巢。這樣的條件對母龜築巢造成極大困難，導致產卵成功率偏低。

海龜上岸但未產卵，被認為可能與人為干擾(例如狗的騷擾、有人在附近、光線等)、不適當的築巢基質(藤蔓、人為補充沙灘沙子過度夯實)有關 ( Barbier et al., 2023 )。



### (三) 小琉球綠蠵龜上岸產卵概念模式

此次建立之模型，其 RMSEA 數值分別為 0.053 和 0.059，皆小於 0.08，顯示兩模型都有不錯的配適度 ( Hu and Bentler, 1999; McDonald & Ho, 2002; Hooper et al, 2008 )。然而，本次調查數據分析仍有部分限制，例如本次收集總計 1942 筆資料，海龜僅出現 49 次，出現率為 2.53%，其餘資料紀錄，皆未看到海龜(數量為 0)，海龜上岸頻率(海龜數量)多數為 0，應是模式路徑係數偏低的原因。不過仍然已經能看到「產卵季節」、「沙灘特性」對海龜產卵有顯著正向影響。另外多雲，無月光，風浪大的「天候狀況」似乎也有助海龜上岸產卵，待累積更多樣本，也許可見其有顯著相關的可能。如果只選用三個有海龜產卵的沙灘(樣本數從 144 個降為 72 個)，重新建構模式，也許可以看出人為干擾及天候的影響，建議明年繼續累積樣本數。未來如能了解一下三個有海龜產卵的沙灘特性，例如深度、含水量、植被...等，則可以量化解析適合海龜產卵的海灘特性。此外，若能綜合更多年期的海龜資料，囊括不同年代週期上岸的母龜(小琉球母龜重回產卵地間隔頻度為 2-3 年；海洋保育署，110 年)，則能排除個體差異所造成的干擾。

產卵季節方面，模式結果顯示，季節為主要影響產卵母龜上岸產卵的因素之一。過去資料顯示，小琉球海龜產卵高峰時段是從 7 月初到 8 月中，全年度則為 5 月底到 9 月底(海洋保育署，110 年)，而今年 4 月初即可見母龜上岸的記錄。過去研究指出，海龜可能會藉由通過產卵行為的改變，例如將年度產卵時間，往前提早到較為涼爽的月份，藉此來適應溫度逐漸升高的氣候變化(Weishampel et al., 2004; Pike et al., 2006; Dalleau et al., 2012; Almpandou et al., 2018)。然而，這樣的轉變是否能有效的抵禦環境溫度升高，因而對卵窩造成的負面影響(比如性別比偏差和高死亡率)，仍有待進一步研究(Almpandou et al., 2018; Laloë and Hays, 2023; Fuentes et al., 2024)。

沙灘特性方面，模式結果顯示，產卵海龜傾向於面積較大(例如漁塭尾、肚仔坪和中澳)的沙灘上岸進行產卵。較大面積的產卵沙灘，也可減少卵窩在孵化過程中被其他母龜挖掘而造成的干擾，以及降低疾病傳播和被掠食的風險(Caut et al., 2006; Girondot et al., 2006; Leighton et al., 2010; Tiwari et al., 2006)。此外，Stokes 等人於 2024 年的資料指出，

產卵海龜通常傾向於在沙灘上移動到足夠的距離，藉此減少海水淹沒卵窩的機會，進而增加卵窩孵化的存活率(Stokes et al., 2024)，而肚仔坪沙灘的縱深為前三大沙灘當中最短者，未來應留意卵窩是否有被海水淹沒的可能。

在肚仔坪沙灘 ( TWOCA4425 )、漁埕尾沙灘 ( TWOCA0723 ) 及中澳沙灘 ( TWOCA0610 )，母海龜在產 N.1~N.3 之後的卵窩時，通常需要長時間、多次來回以尋找合適的產卵地。然而，若未能找到更好的棲地，多數海龜會選擇在接近初次產卵位置的區域再度產卵，導致卵窩重複或距離過近的問題。

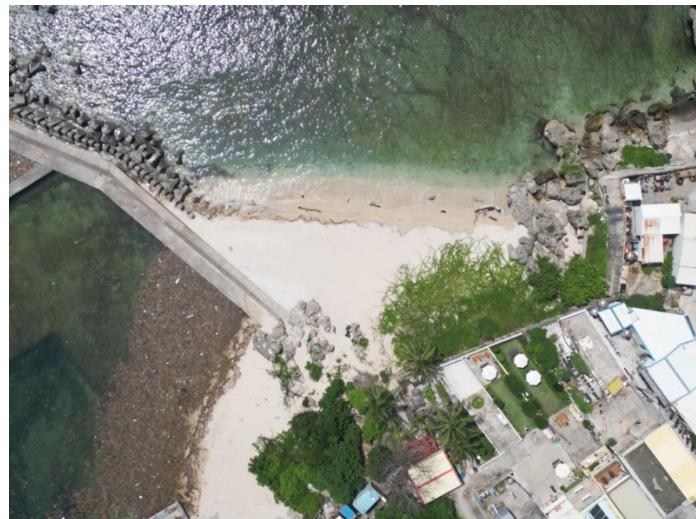
為了解決這一問題並確定卵窩間的最佳距離，Tiwari ( 2006 ) 研究指出，綠蠵龜的最佳卵窩半徑為 0.75 米。若母海龜能夠在這範圍外進行產卵，則不會再發生相互干擾。因此，可將每個卵窩為中心劃定 0.75 米半徑的保護範圍，限制其他海龜進入這一區域進行產卵，從而減少重疊產卵的風險，並有效保護卵窩的分布和安全。



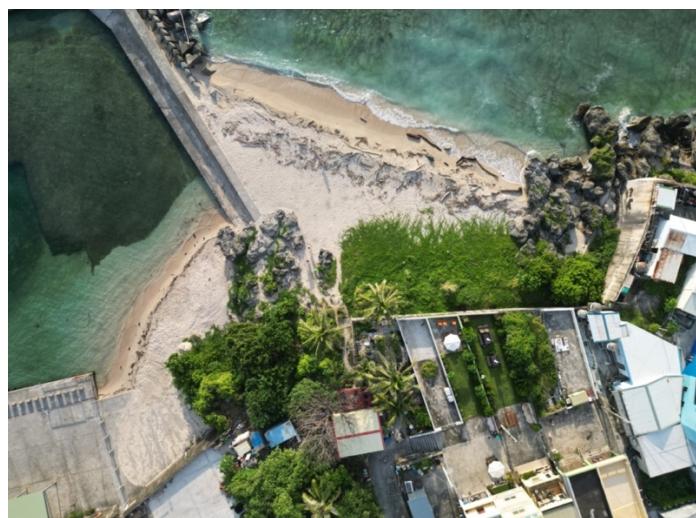
## 二、龜卵孵化調查

從過往到近年文獻指出，海龜性別比以雌性為多數者，已經是非常普遍的現象(Mrosovsky and Provancha, 1992; Binckley et al., 1998; Broderick et al., 2001; Heredero Saura et al., 2022)。海龜性別比例集中於雌性的現象，被認為和環境溫度上升有關，卵窩在溫度較低的地方(如有天然遮蔭)進行孵化，可有效降低性別偏差的比例(Reboul et al., 2021)，因此應就產卵沙灘的天然植被加以進行保護。今年卵窩孵化率較差，根據卵窩位置，肚仔坪沙灘皆產在有天然植被遮蔭的區域，如 N.2 及 N.3 的孵化溫度來看，確實有降溫效果，目前數值介於可孵化出雄性及雌性的安全值中，但其餘卵窩在經歷颱風過後，皆有短時間下降 3 ~ 10°C 的狀況，過去也有在其他產卵棲地觀察到，極端降雨造成卵窩溫度驟降(1-7.43.6°C; 平均 3.6°C)的情況(Laloë et al., 2021)，雖然降雨可以降低溫度緩解性別比偏差的情況，但是研究也指出，極端降雨事件對孵化中的卵窩孵化率具有負面的影響 ( Martin 1996; Pike and Stiner 2007; (Matsuzawa et al., 2002)。比如說卵窩中的濕度若太高 (> 75%) 被認為和孵化率降低有明確的關聯 ( Mcgehee, 1990 )，因為太過潮濕的情況下會降低卵窩深度的氣體交換 ( Miller et al., 2003 )。今年在 5/21 以前的卵窩，卵窩平均溫度明顯低於其他後期卵窩的溫度( $P<0.001$ )；且孵化率明顯高( $P<0.001$ )於其他後期卵窩孵化率，這些卵窩在孵化過程中可能未受到颱風強降雨的影響，且多數卵窩有植被遮蔭，具備降溫效果。因此，這些因素可能有助於提升孵化率。

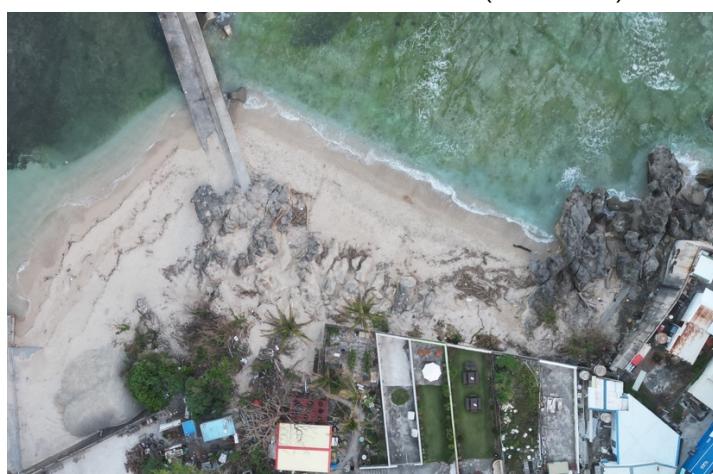
類似的現象在 2023 年也有所觀察。2023 年的卵窩多集中於 2 至 5 月進行產卵，孵化率顯著高於 2024 年。從氣候條件來看，該時期颱風發生較少，且氣溫相對較低，卵窩所受到的負面氣候影響較輕微，這可能是孵化率較高的主要原因。



【圖 86】2024 年 6 月龍蝦洞沙灘



【圖 87】2024 年 7 月龍蝦洞沙灘 ( 颱風過後 )



【圖 88】2024 年 11 月龍蝦洞沙灘 ( 再次經歷颱風 )



### 三、微生物分析

卵窩微生物分離方面，和過去產卵母龜文獻相仿，以革蘭氏陰性菌為主(Santoro et al., 2006 ; Al-Bahry et al., 2012)。在這些革蘭氏陰性菌當中，可見 10 株弧菌(*Vibrio* species)。就公共衛生而言，弧菌是與人類感染相關的主要致病原，例如 *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, and *V. vulnificus* (Baker-Austin et al., 2017 ; Sony et al., 2021)。此外，在藥物敏感性指標方面，僅一株弧菌，其多重抗藥性指標(Multiple antimicrobial resistance ; MAR index)數值 $>0.2$  (MARi=0.36)，細菌的 MAR index $>0.2$  表示該細菌可能源自於多種抗生素使用的環境暴露有關(Osundiya et al., 2013 ; Ha et al., 2023 ; Sony et al., 2021)。然而，與臺灣擋淺海龜相比較，小琉球產卵母龜，卵窩當中弧菌的 MARi 數值 $>0.2$  之比例則相當的低。例如 Tsai 等人於 2024 年發表的資料顯示，40.4%的弧菌菌株(來自擋淺海龜)，其 MARi 數值皆 $>0.2$ ，且岸邊定居海龜來源的弧菌，其各種多重抗藥性指標，都具有高於外洋性海龜的趨勢 (Tsai et al., 2024)，此差異之可能原因為，小琉球產卵母龜的攝食場域並非定居於臺灣周遭海域有關，未來可藉由腸內菌 DNA 重複序列之聚合酵素連鎖反應(Enterobacterial repetitive intergenic consensus-PCR; ERIC-PCR)，進行不同來源菌株的分子指紋分析，藉此加以比較不同來源的菌株和其抗藥性情形(Lin et al., 2021)。

### 四、稚龜孵化調查

本次以卵窩孵化後，在沙灘上所收集之死亡綠蠵龜(稚龜)屍體，進行性腺檢視，此方法已廣泛被使用在海龜性別比的檢視上(King et al., 2013; Tolen et al., 2021)，且因其為死亡海龜之屍體，因此並無動物倫理之問題。但其缺點是，所檢拾之稚龜樣本，其內臟組織可能因死亡多時，已經在卵窩當中腐敗，以至於無法進行所有樣本的性腺判別檢視。在性別比方面，肚仔坪沙灘 4 月份的卵窩當中，有 3 隻稚龜皆為雄性個體，雌性比為 0.0 %(0/3)。在中澳沙灘 5 月份的卵窩當中，有 2 隻稚龜皆為雄性個體，雌性比為 40.0 %(2/5)。過去資料顯示，小琉球海龜產卵高峰時段是從 7 月初到 8 月中，全年度則為 5 月底到 9 月底(海洋保育署，110 年)，而今年 4 月初即可見母龜上岸的記錄。雖然我們在 4 月份收集到的死亡稚龜屍體，其性別皆為雄性個體，可能因為較早期的卵窩有較低的環境溫度所致，但同時有 2 個樣本，因死後變化而無法進行檢視，有可能造成判別上的誤差。

在死亡稚龜 ChHV5 的偵測方面，我們參考李等人(Li et al., 2017; Li et al., 2022) 發表的文獻當中的方法，利用三段基因的檢測方式，藉此提高病毒 DNA 之檢出率，然而所有樣本的結果皆顯示為陰性檢出。此結果與一篇發表於 2022 年(Page-Karjian et al., 2022)的資料有著類似的現象，該研究利用來自卵窩的稚龜血液樣本，經檢測，其結果亦全部為 ChHV5 的陰性檢出，但是這些稚龜當中，幾乎 1/3 的稚龜，其來源母龜之 ChHV5 檢出結果為陽性。此更進一步間接證實 ChHV5 在海龜之間的傳播，應是以水平傳播為主，海龜可能是靠近岸邊定居後，才受到病毒的感染(水平傳播)(Ene et al., 2005; Work et al., 2020; Loganathan et al., 2021)。例如 2017 年的研究指出，體液分泌和排泄物可能是 ChHV5 的傳播途徑(Chaves et al., 2017)。此外，珊瑚礁的魚類 (*Thalassoma duperry*)和海洋水蛭(*Ozobranchus* spp.)也被認為，可能具有水平機械式傳播的能力，可以把病毒傳給其他海龜 (Greenblatt et al., 2004)。



## 五、卵窩溫度降溫試驗

根據本次試驗結果顯示，遮陰處理能有效略微降低海龜卵窩的孵化溫度。與無遮陰的對照組相比，遮陰組的溫度約降低  $0.3\text{~}0.5^{\circ}\text{C}$ 。然而，此結果略低於 Wiggins ( 2023 ) 於亞森松島 ( Ascension Island ) 進行的遮陰試驗，該研究使用與本試驗相同的遮光網係數，但遮光高度高達 120 cm，使孵化溫度降低約  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。因此，遮光高度可能是未來研究中需要調整與優化的重要因子之一。

此外，值得注意的是，卵窩溫度的日溫差可能比平均溫度更為關鍵，因為過大的溫度浮動可能對胚胎發育產生不利影響 ( Bull, 1985 ; Georges 等人, 1994 )。這是由於高溫下胚胎的新陳代謝速率加快，意味著即使卵窩內的溫度僅在一天中的一部分時間超過平均溫度，超過一半的胚胎發育也可能集中在這段高溫區間 ( Georges 等人, 1994 )。

以昆士蘭州東海岸 Peak Island 的海龜產卵資料為例，卵窩的溫度範圍為  $25.5\text{~}36.5^{\circ}\text{C}$ ，日溫差則介於 0.2 至  $1.0^{\circ}\text{C}$  之間 ( Hewavisenti and Parmenter, 2002 )。本次模擬試驗所觀察到的日溫差平均範圍亦低於  $1^{\circ}\text{C}$ ，顯示本試驗模擬的卵窩條件與天然卵窩的日溫變化差異不大，具有一定的代表性。

然而，根據前人研究，遮陰所達到的降溫效果可能不足以應對極端高溫條件。例如，Jacob ( 2015 ) 在哥斯大黎加進行的遮陰與澆水降溫試驗顯示，兩者相互結合可使卵窩溫度降低約  $4^{\circ}\text{C}$ 。不過，此試驗需連續 31 天於每天下午進行卵窩澆灌，執行上需考量人力成本與操作可行性。儘管如此，遮陰與澆水結合仍是一項值得進一步探討與試驗的降溫方法，未來可根據實際情況進行調整與優化，以評估其在不同產卵環境中的應用潛力。

## 六、周邊海域海龜活動範圍調查

海龜是一種具有高度遷徙行為的物種，一生中會遷移至多個棲息地。因此，了解其活動空間及不同時期的分布，對於保育管理與策略制定至關重要。經觀察，目前已知漲潮時，較多海龜會在沿岸淺灘（水深約 1-2m 內）覓食，這一現象與 Julia Hazel 於澳洲 Moreton Bay 所研究的綠蠵龜覓食行為相符 ( Hazel, 2009 )。然而，這些區域與人類活動範圍（如捕魚、浮潛）重疊，極易受到干擾。因此，了解小琉球的海龜活動熱點區域尤為重要。

雖然空拍調查是一種有效的研究工具，但仍存在一些限制。例如，空拍是否能全面計算出所有海龜數量，取決於當時的海況是否良好。如果海浪較大，白浪花過多，即使降低飛行速度，也很難準確觀察到海龜。此外，能見度差或水質混濁也會進一步降低後台計算海龜數量的準確性，增加辨識的難度。

根據調查結果，小琉球的海龜熱點主要集中於『肚仔坪』、『龍蝦洞沙灘前的淺灘』、『海子口至厚石』以及『美人洞沙灘前方區域』。其中，『肚仔坪』是穩定的月度熱點，而其他區域則呈現出每月轉換的趨勢。這種熱點的轉換可能與海草資源量有關。當高密度的海龜長時間聚集於某區域覓食，該地區的海草種類會逐漸轉為壽命較短的種類 ( Kelkar, 2013 )，這可能解釋了次要熱點在不同月份的變化。

值得注意的是，『肚仔坪』在近年來成為海龜的主要熱點區域，但該地區的海草多處於芽的狀態。雖然目前高密度的海草芽仍能支撐海龜的食草壓力，但如果未來海龜的覓食需求超過海草的極限承載量，海草生物量可能會急劇下降，導致海龜不得不尋找其他覓食區域 ( Kelkar, 2013 )。類似情況也曾在儒艮的研究中被記錄 ( Aragones, 2000 )。

高強度的食草行為對海草生態系統的影響可能是深遠的。長期而言，這種行為可能改變當地的生態體系，進而為海龜保育帶來更為嚴峻的挑戰。這些問題需要進一步研究與監測，以便制定更加有效的保育管理對策。



## 七、巡護志工培訓及環境教育推廣

本團隊執行至今已接近 3 年，其組織的志工團隊已經趨於穩定、人員固定且具有一定調查能力，而目前的培訓課程的參與者多半為新加入志工，或是向島外招募的全職志工，隨著綠蠵龜上岸產卵資訊的廣泛傳播，越來越多在地居民和在地學校老師開始參與，並成為巡護志工的一部分。我們相信，巡護志工的培訓不僅有助於海龜保育，更是一個有效的環境教育方式，能夠深刻影響當地社區。

在地居民對於保護家鄉的生態環境表現出高度熱情，這種熱情也促使他們積極參與保育工作。然而，這樣的投入有時會導致與觀光業者發生衝突，例如在巡灘期間，我們多次遇到 SUP 和獨木舟業者於晚間岸上搬運器具，造成的光污染會影響母龜的產卵行為。雙方在溝通上時常產生摩擦，因此，我們目前的做法是請志工以柔性宣導的方式進行勸導，盡量避免激烈爭執。

另外，與往年情況類似，我們發現許多遊客並不知道小琉球的沙灘是綠蠵龜產卵的地方，甚至有人完全不知情有母龜會上岸產卵。因此，加強環境教育的推廣變得尤為重要。我們將持續透過講座和宣傳活動，讓更多在地居民與遊客了解海龜的生態習性與保育重要性，進一步提升保護意識。

然而，在夜晚巡守的過程中，志工們遇到吸菸遊客或不當行為的情況也越來越多，這對夜間保護工作提出了額外挑戰。此外，帶領小朋友參與沙灘海龜調查具有非常重要的教育意義。這樣的體驗能讓孩子們親身認識家鄉的生態環境，並從小培養他們的環境保育意識，對未來的生態保護工作起到潛移默化的作用。

## 柒、結論

本計畫針對 2024 年小琉球綠蠵龜的生殖生態進行調查，發現共有 3 隻母龜上岸產卵，其中 1 隻是穩定回到小琉球產卵的舊龜，另外 2 隻則是新發現的產卵母龜。根據 2011 至 2024 年綠蠵龜母龜在小琉球的產卵數據，平均每年有 3 隻母龜上岸產卵，而今年的數量已達到歷年平均水平。

產卵行為顯著受到棲地狀況的影響。由於小琉球沙灘的沙量隨季節及氣候變化而波動，當沙量不足時，產卵母龜需要花費更多時間尋找合適的卵窩地點，並增加上岸次數，導致重複產卵的機率大幅上升。這顯示棲地狀態直接影響母龜的繁殖效率。

2024 年，小琉球的整體孵化率為 40%。造成孵化率低的主要原因包括：①被海水淹沒的時間較長、②孵化溫度超過 34°C、③強降雨或水淹導致的溫度驟降，以上這幾個因子將是未來海龜保育上須迫切解決的問題。這些因素對海龜孵化影響深遠，是未來保育工作中急需解決的問題。此外，性別比例偏向雌性已成普遍現象，這與環境溫度上升有密切關聯，進一步強調了保護天然植被及控制卵窩微氣候的重要性。未來，如何有效遮陰降溫將是保育工作的關鍵挑戰之一。

微生物分析顯示，小琉球卵窩中分離出的革蘭氏陰性菌，特別是弧菌，其抗藥性指標雖然低於台灣其他海龜群體，但仍具一定公共衛生風險。就公共衛生而言，弧菌(*V. alginolyticus*、*V. harveyi*、*V. parahaemolyticus* 和 *V. vulnificus*)是常見與人類感染相關的主要致病原，因此應注意接觸這些細菌而遭受感染的風險(比如進行卵窩開挖的人員)。未來可透過分子技術進一步研究這些細菌的不同來源及抗藥性差異，以提高保護效率。

周邊海域海龜活動範圍調查研究指出，了解海龜的活動熱點及其空間分布，對於保育管理至關重要。2024 年小琉球海龜平均數量為 514 隻次，活動熱點，包括『肚仔坪』、『龍蝦洞沙灘前的淺灘』、『海子口至厚石』和『美人洞沙灘前方區域』，在時間與空間上呈現動態變化，其中『肚仔坪』為穩定的主要熱點，而其他次要熱點可能因海草資源的變化而有所轉換。然而，長期高密度的海龜覓食可能對海草生態系統造成壓力，進一步影響生態系統穩定性，甚至改變物種組成。當覓食需求超過海草的承載能力，可能導致海龜遷移至其他區域，對整個海洋生態系統及保育工作帶來挑戰。此外，空拍調查的準確性受限於海況與環境條件，這些因素也需在未來研究與監測中進一步考量。

本團隊在巡護志工培訓和環境教育推廣方面取得了顯著成果。志工隊伍逐漸穩定，吸引越來越多在地居民和學校老師的參與，這不僅有效減少了人為干



擾，還顯著提升了社區保育意識。然而，志工在夜間巡守時，仍然會遇到吸毒及其他不當行為遊客的挑戰。儘管如此，帶領小朋友參與海龜調查活動，讓他們親身了解家鄉的生態環境，具有深遠的教育意義，有助於培養下一代的環境保護意識。

總結而言，小琉球的海龜保育工作雖然面臨環境變遷與人類活動的雙重挑戰，但在巡護和教育措施的推動下已取得顯著進展。未來，持續累積長期監測數據，深入研究棲地特性並制定改善策略，將是確保綠蠵龜族群穩定繁衍的關鍵。

## 捌、建議

### (一) 改善棲地環境

天然植被保護：加強對產卵沙灘天然植被的保護，以維持或改善卵窩微氣候，降低過高的孵化溫度和性別比偏差。另外，增設適當的遮陰裝置，並研究最佳設置方式，確保降溫效果達到保育目標。

### (二) 減少人為干擾

1. 夜間巡守加強：對於夜間巡守活動，加強巡護志工的安全措施，並設立更多柔性勸導機制，以緩和志工與遊客或業者之間的衝突。對於遊客干擾問題，應結合政府部門加強夜間沙灘光線管控和遊客宣導。
2. 設置圍欄及標示：在中澳等人流密集沙灘，於卵窩周圍設置明顯的警示圍欄，並加強標示，避免遊客無意中踩踏卵窩，減少人類活動對母龜及卵窩的影響，或是在沙灘入口處增設夜晚進入沙灘的注意事項看板，避免搔擾到產卵母龜。

### (三) 微生物監測與研究

1. 細菌與抗藥性研究：加強對卵窩內微生物群落的監測，尤其是弧菌的抗藥性分析。進一步採用分子技術分析不同細菌的來源，評估這些細菌對孵化率的潛在影響，並研究控制或緩解的方法。
2. 公共衛生防護：針對開挖卵窩或進行調查的志工，制定適當的防護措施，避免因接觸病原菌而影響健康。

### (四) 卵窩遮陰試驗

1. 建議根據今年研究成果，修正卵窩遮陰方式，解決降溫效果不夠有效之問題。
2. 如：根據最適卵窩大小（半徑 0.75m），設置高 90cm、直徑 1.5m 的上遮罩，側邊遮罩則不須遮蔽，使卵窩空氣流通順暢，讓熱源可以擴散。

### (五) 社區參與與環境教育

1. 志工與社區教育：擴大巡護志工培訓，並引入更多的環境教育課程，讓更多居民了解並參與海龜保育。加強與當地學校合作，將保育知識融入教育體系，尤其鼓勵小朋友透過實地體驗加深對家鄉生態的認識。
2. 宣傳與意識推廣：今年小小巡查員反應熱烈，建議持續辦理，成



為小琉球在地學校特色教學。

#### (六) 未來研究方向

1. 長期數據累積：繼續累積並分析長期數據，以探討環境變遷及人類活動對綠蠵龜生態的長期影響。對每個產卵沙灘的特性，如含水量、沙層深度和植被覆蓋等進行細緻分析，探索更適合海龜繁殖的棲地條件。
2. 食性調查：島上常有民眾誤認海龜將海草全數吃完，嚴重影響魚類生態，也為了瞭解小琉球周邊海草演替狀態，建議利用潛水追蹤海龜覓食行為，並拍攝影像，了解小琉球綠蠵龜主要覓食取向。
3. 增設定點夜視監測攝影機：除更有效率地監測母龜上岸產卵外，也可防止夜晚上岸遊客至沙灘上行有害環境之事，例如：生火、違法捕捉潮間帶生物或吸毒。

## 玖、參考文獻

- 島人海洋文化工作室。2021。油污事件後小琉球海龜族群空拍監測調查計畫調查報告書。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。
- 野澤洋耕、馮加伶、何芷蔚、陳芃諭、蘇淮。2019。108 年度台灣周邊海龜族群調查計畫成果報告書。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。
- 屏東縣政府。2017。106 年小琉球海龜食物及活動分佈調查計畫。
- 海洋委員會海洋保育署。2024。海龜保育計畫。
- 海洋委員會海洋保育署。2021。111 年度小琉球海龜生殖生態調查成果報告書。
- 海洋委員會海洋保育署。2022。112 年度小琉球海龜生殖生態調查成果報告書。
- 海洋委員會海洋保育署。2020。110 年度臺灣海龜產卵棲地保育措施規劃成果報告書。
- Ackerman, R. A. (1980). Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. *Am. Zoo.* 20:575-583.
- Ackerman R. (1997). The nest environment and the embryonic development of sea turtles. In: Lutz P, Musick J, ed. by. *The biology of sea turtles*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press. p. 83–106.
- Aguirre AA, Spraker TR, Balazs GH, Zimmerman B. (1998). Spirorchidiasis and fibropapillomatosis in green turtles from the Hawaiian Islands. *J Wildl Dis.* 34: 91-98.
- Aguirre AA, Lutz PL. (2004) Marine turtles as sentinels of ecosystem health: Isfibropapillomatosis an indicator? *EcoHealth.* 1: 275-283.
- Al-Bahry S, Mahmoud I, Elshafie A, Al-Harthy A, Al-Ghafri S, Al-Amri I, et al. (2009). Bacterial flora and antibiotic resistance from eggs of green turtles *Chelonia mydas*: An indication of polluted effluents. *Mar. pollut. Bull.* 58 (5), 720–25.
- Aragones, L.V. & Marsh, H. (2000) Impact of dugong grazing and turtle cropping on tropical seagrass communities. *Pacific Conservation Biology*, 5, 277–288.
- Austin B. Vibrios as causal agents of zoonoses. *Vet Microbiol.* (2010). Jan 27;140 (3-4):310-7.
- Barbier M, Lafage D, Bourgogne H, Read T, Attard M, Fournière K, et al. (2023). Assessment of the nesting population demography of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in La Roche Percée: First long-term monitoring in New Caledonia. *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst* 33(6), 579 – 591.
- Bevan E, Whiting S, Tucker T, Guinea M, Raith A, Douglas R (2018). Measuring behavioral responses of sea turtles, saltwater crocodiles, and crested terns to drone disturbance to define ethical operating thresholds. *PLoS ONE* 13(3): e0194460.
- Bevan E, Wibbels T, Navarro E, Rosas M and others (2016). Using unmanned aerial vehicle (UAV) technology for locating, identifying, and monitoring courtship and mating behavior in the green turtle (*Chelonia mydas*). *Herpetol Rev* 47: 27–32.
- Bresette MJ, Witherington BE, Herren RM, Bagley DA and others (2010). Size-class partitioning and herding in a foraging group of green turtles *Chelonia mydas*. *Endang Species Res* 9: 105–116
- Burgess E, Booth D, Lanyon J. (2006). Swimming performance of hatchling green turtles is affected by incubation temperature. *Coral Reefs* 25:341-349.



- BULL, J.J. (1985). Sex ratio and nest temperature in turtles: comparing field and laboratory data. *Ecology* 66:1115–1122.
- Booth D, Astill K. (2001). Incubation temperature, energy expenditure and hatchling size in the green turtle (*Chelonia mydas*), a species with temperature-sensitive sex determination. *Australian Journal of Zoology* 49:389 - 396.
- Binckley, C. A., Spotila, J. R., Wilson, K. S., & Paladino, F. V. (1998). Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia*, 291-300.
- Bindaco ALS, Calais Júnior A, Almeida IC, Liesner CO, Ferreira MR, Donatele DM, Carvalho GD & Nunes LC. (2020). Isolation and characterization of the aerobic bacterial microbiota of the esophagus and its probable association with obstructive caseous lesions in green turtles (*Chelonia mydas*). *Pesquisa Veterinária Brasileira* 40(11):922-932.
- Bjorndal, K.A. (1985). Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia* 1985:736-751.
- Bjorndal, K.A., A.B. Bolten, and M.Y. Chaloupka. (2005). Evaluating trends in abundance of immature Green Turtles, *Chelonia mydas*, in the Greater Caribbean. *Ecological Applications* 15:304 314.
- Chan EH, (2006). Marine turtles in Malaysia: on the verge of extinction? *Aquat Ecosyst Health Manage.* 9: 175-184.
- Chaloupka M, Limpus C (2001). Trends in the abundance of sea turtles resident in southern Great Barrier Reef waters. *Biol Conserv* 102: 235–249
- Chaves, A., A. A. Aguirre, K. Blanco-Pena, A. Moreira-Soto, O. Monge, A. M. Torres, J. L. Soto-Rivas, Y. Lu, D. Chacón, and L. Fonseca. (2017). Examining the role of transmission of chelonid alphaherpesvirus 5. *EcoHealth* 14(3):530-541.
- Chuen-Im T, Areekijserree M, Chongthammakun S, Graham SV, (2010). Aerobic bacterial infections in captive juvenile green (*Chelonia mydas*) and hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) sea turtles from Thailand. *Chelonian Conserv. Biol.* 9, 135e142.
- Cheng IJ., Cheng WH, Chan YT, (2018). Geographically closed, yet so different: contrasting long-term trends at two adjacent sea turtle nesting populations in Taiwan due to different anthropogenic effects. *PLoS One* 13 (7), e0200063.
- Cheng WH, Chan YT, Hong H, Cheng IJ, (2019). Using programming languages and geographic information system to determine spatial and temporal variability in a green turtle foraging population on liuchiu island, taiwan. *Zool. Stud.* 58, 18.
- Christianen, M. J., Herman, P. M., Bouma, T. J., Lamers, L. P., Van Katwijk, M. M., Van Der Heide, T., ... & Van De Koppel, J. (2014). Habitat collapse due to overgrazing threatens turtle conservation in marine protected areas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1777), 20132890.
- Claire Burke, Maisie Rashman, Serge Wich, Andy Symons, Cobus Theron & Steve Longmore (2019). Optimizing observing strategies for monitoring animals using drone-mounted thermal infrared cameras, *International Journal of Remote Sensing*, DOI: 10.1080/01431161.2018.1558372
- Chuen-Im T, Sawetsuwannakun K, Neesanant P, Kitkumthorn N, (2021). Antibiotic-Resistant Bacteria in Green Turtle (*Chelonia mydas*) Rearing Seawater. *Animals* 11:1841. <https://doi.org/10.3390/ani11061841>.
- Chou W.R., Fang L.S., Wang W.H. Tew, K.S. (2012). Environmental influence on coastal phytoplankton and zooplankton diversity: A multivariate statistical model analysis. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 5679–5688.

- Chou W.R., Hsieh H.Y., Hong G.K., Ko F.C., Meng, P.J., Tew, K.S. (2022). Verification of an Environmental Impact Assessment Using a Multivariate Statistical Model. *J. Mar. Sci. Eng.*, 10, 1023.
- Chou W.R., Wu P.Y., Li, T.H. (2023) Assessing the Relationship between Sea Turtle Strandings and Anthropogenic Impacts in Taiwan. *J. Mar. Sci. Eng.*, 11, 1962.
- Culver M, Gibeaut JC, Shaver DJ, Tissot P and Starek M. (2020). Using Lidar Data to Assess the Relationship Between Beach Geomorphology and Kemp's Ridley (*Lepidochelys kempii*) Nest Site Selection Along Padre Island, TX, United States. *Front. Mar. Sci.* 7:214.
- Cuevas E, Liceaga-Correa MÁ, and Mariño-Tapia I. (2010). Influence of Beach slope and width on hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) nesting activity in El Cuyo, Yucatán, Mexico. *Chelonian Conserv. Biol.* 9, 262–267.
- Deeming D. (2004). Post-hatching phenotypic effects of incubation in reptiles. In: Deeming D, ed. by. *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*. Nottingham: Nottingham University Press. p. 229-252.
- Dharne MS, Gupta AK, Rangrez AY, Ghate HV, Patole MS, Shouche YS. (2008). Antibacterial activities of multi drug resistant *Myroides odoratimimus* bacteria isolated from adult flesh flies (Diptera: sarcophagidae) are independent of metallo beta-lactamase gene. *Braz J Microbiol.* 39(2):397-404.
- Dickson LCD, Tugwell H, Katselidis KA and Schofield G. (2022). Aerial Drones Reveal the Dynamic Structuring of Sea Turtle Breeding Aggregations and Minimum Survey Effort Required to Capture Climatic and Sex-Specific Effects. *Front. Mar. Sci.* 9:864694.
- Dickson LC, Katselidis KA, Eizaguirre C, Schofield G. (2021). Incorporating Geographical Scale and Multiple Environmental Factors to Delineate the Breeding Distribution of Sea Turtles. *Drones*, 5, 142.
- Eguchi, T., Gerrodette, T., Pitman, R.L., Seminoff, J.A. & Dutton, P.H. (2007). At-sea density and abundance estimates of the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific. *Endangered Species Research* 3: 191-203.
- Ene, A.; Su, M.; Lemaire, S.; Rose, C.; Schaff, S.; Moretti, R.; Lenz, J.; Herbst, L.H. (2005). Distribution of Chelonid Fibropapillomatosis-Associated Herpesvirus Variants in Florida: Molecular Genetic Evidence for Infection of Turtles Following Recruitment to Neritic Developmental Habitats. *J. Wildl. Dis.*, 41, 489–497.
- Fong CL, Chen HC, Cheng IJ, (2010). Blood profiles from wild populations of green sea turtles in Taiwan. *J Vet Med Anim Health.* 2: 8-10.
- Fichi G, Cardeti G, Cersini A, Mancusi C, Guarducci M, Di Guardo G, Terracciano G, (2016). Bacterial and viral pathogens detected in sea turtles stranded along the coast of Tuscany, Italy. *Vet. Microbiol.* 185, 56-61.
- Freitas C, Caldeira R, and Dellinger T. (2019). Surface behavior of pelagic juvenile loggerhead sea turtles in the eastern north atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 510, 73-80.
- Foti M, Giacopello C, Bottari T, Fisichella V, Rinaldo D, Mamminac C. (2009). Antibiotic resistance of Gram negatives isolates from loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the central Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1363e1366.
- Farrell, J. A., Yetsko, K., Whitmore, L., Whilde, J., Eastman, C. B., Ramia, D. R., et al. (2021). Environmental DNA monitoring of oncogenic viral shedding and genomic profiling of sea turtle fibropapillomatosis reveals unusual viral dynamics. *Commun. Biol.* 4 (1), 1–17.



- Gantois I, Ducatelle R, Pasman F, Haesebrouck F, Gast R, Humphrey TJ, et al. (2009). Mechanisms of egg contamination by *Salmonella enteritidis*. *FEMS Microbiol. Rev.* 33 (4), 718–38.
- Georges, A., Limpus, C.J., and Stoutjesdijk, R. (1994). Hatchling sex in the marine turtle *Caretta caretta* is determined by proportion of development at a temperature, not daily duration of exposure. *Journal of Experimental Zoology* 270:432–444.
- Godoy DA and Stockin KA, (2018). Anthropogenic impacts on green turtles *Chelonia mydas* in New Zealand. *Endanger. Species Res.* 37, 1-9.
- Greenblatt, R. J., T. M. Work, G. H. Balazs, C. A. Sutton, R. N. Casey, and J. W. Casey. (2004). The Ozobranchus leech is a candidate mechanical vector for the fibropapilloma-associated turtle herpesvirus found latently infecting skin tumors on Hawaiian green turtles (*Chelonia mydas*). *Virology* 321(1):101-110.
- Howell RD. (1996). LISREL 8 with PRELIS2 for Windows. *J. Mark. Res.*, 33, 377–381.
- Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., Houghton, J. D. R., & Metcalfe, J. D. (2002). Water temperature and internesting intervals for loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles. *Journal of Thermal Biology*, 27(5), 429-432.
- Hamann M, Jessop T, Schäuble C. (2007). Fuel use and corticosterone dynamics in hatchling green sea turtles (*Chelonia mydas*) during natal dispersal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 353:13-21.
- Hamann M, Godfrey MH, Seminoff JA, Arthur K, Barata PCR, Bjorndal KA, Bolten AB, Broderick AC, Campbell LM, Carreras C, Casale P, Chaloupka M, Chan SKF, Coyne MS, Crowder, L.B., Diez, C.E., Dutton, P.H., Epperly, S.P., FitzSimmons, N.N., Formia, A., Girondot, M., Hays, G.C., Cheng, I.J., Kaska, Y., Lewison, R., Mortimer, J.A., Nichols, W.J., Reina, R.D., Shanker, K., Spotila, J.R., Tomas, J., Wallace, B.P., Work, T.M., Zbinden, J., Godley, B.J., (2010). Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endanger. Species Res.* 11, 245-269.
- Hamann M., Shimadaet T., Duce S., Foster A., To A.T.Y., Limpus C. (2022). Patterns of nesting behaviour and nesting success for green turtles at Raine Island, Australia. *Endanger. Species Res.* 47, 217–229.
- Hailman, J.P., and A.M. Elowson. (1992). Ethogram of the nesting female Loggerhead (*Caretta caretta*). *Herpetologica* 48: 1–30.
- Hawkes, L.A., Broderick, A.C., Godfrey, M.H., Godley, B.J., (2007). Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biol.* 13, 923 – 932.
- Hays, G.C., Broderick, A., Glen, F., Godley, B.J., (2003). Climate change and sea turtles: a 150-year reconstruction on incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Global Change Biol.* 9, 62 – 646.
- Howard, R., Bell, I., Pike, D.A., (2014). Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. *Endanger. Species Res.* 26, 75 – 86.
- Hochscheid S. (2014). Why we mind sea turtles' underwater business: a review on the study of diving behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 450, 118-136.
- Holloway-Adkins, K.G. and M.D. Hanisak. (2017). Macroalgal foraging preferences of juvenile Green Turtles (*Chelonia mydas*) in a warm temperate/ subtropical transition zone. *Marine Biology* 164:161. <https://doi.org/10.1007/00227-017-3191-0>.

- Horrocks JA, and Scott NM. (1991). Nest site location and nest success in the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) in Barbados, West Indies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 69:1–8.
- Heredero Saura, L., Jáñez-Escalada, L., López Navas, J., Cordero, K., & Santidrián Tomillo, P. (2022). Nest-site selection influences offspring sex ratio in green turtles, a species with temperature-dependent sex determination. *Climatic Change*, 170(3-4), 39.
- Hazel, J., Lawler, I. R., & Hamann, M. (2009). Diving at the shallow end: green turtle behaviour in near-shore foraging habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 371(1), 84-92.
- Hill, J. E., Paladino, F. V., Spotila, J. R., & Tomillo, P. S. (2015). Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *PloS one*, 10(6), e0129528.
- Hughes, E.J., and R.J. Brooks. (2006). The good mother: Does nest-site selection constitute parental investment in turtles? *Canadian Journal of Zoology* 84: 1545–1554
- Ischer T, Ireland K, Booth D. (2009). Locomotion performance of green turtle hatchlings from the Heron Island Rookery, Great Barrier Reef. *Marine Biology* 156:1399-1409.
- Innis CJ, Braverman H, Cavin JM, Ceresia ML, Baden LR, Kuhn DM, Frasca S, McGowan JP, Hirokawa K, Weber ES, Stacy B, Merigo C, (2014). Diagnosis and management of *Enterococcus* spp. infections during rehabilitation of cold stunned Kemp's ridley turtles (*Lepidochelys kempii*): 50 cases (2006-2012). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 245 (3), 315-323.
- Katni NH, Azmi AFM, Abdullah MM, Rusli MU, Zakaria Z, Azizan TRPT, Amat AC, Saad MZ, Yasin ISM, Nazarudin MF and Hassim HA. (2022). Nutritional compositions, pathogenic microorganisms and heavy metal concentration in green turtle eggs (*Chelonia mydas*) from Terengganu and Sabah, Malaysia. *Front. Mar. Sci.* 9:948427.
- Keene EL. (2012). Microorganisms from sand , cloacal fluid , and eggs of *Lepidochelys olivacea* and standard testing of cloacal fluid antimicrobial properties. *Purdue University Fort Wayne*, 1–124.
- Kelkar, N., Arthur, R., Marbà, N., & Alcoverro, T. (2013). Greener pastures? High-density feeding aggregations of green turtles precipitate species shifts in seagrass meadows. *Journal of Ecology*, 101(5), 1158-1168.
- King, R., Cheng, W. H., Tseng, C. T., Chen, H., & Cheng, I. J. (2013). Estimating the sex ratio of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Taiwan by the nest temperature and histological methods. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 445, 140-147.
- Kuo FW, Fan TY, Ng CKY, Cai Y, Balazs GH, Li TH, (2017). Tale of the unlucky tags: the story of a rescued, rehabilitated, and released green sea turtle (*Chelonia mydas*) in southern Taiwan. *Bull. Mar. Sci.* 93 (3), 689-690.
- Kobayashi S, Endo D, Kondo S, et al. ( 2020). Investigating the effects of nest shading on the green turtle (*Chelonia mydas*) hatchling phenotype in the Ogasawara islands using a field - based split clutch experiment. *J Exp Zool.*; 1-8.
- Laloë J-O, Tedeschi JN, Booth DT, et al. (2021). Extreme rainfall events and cooling of sea turtle clutches: Implications in the face of climate warming. *Ecol Evol.*;11:560–565.



- Law A, Clovis T, Lalsingh GR, and Downie JR. (2020). The Influence of Lunar, Tidal and Nocturnal Phases on the Nesting Activity of Leatherbacks (*Dermochelys coriacea*) in Tobago, West Indies. *Marine Turtle Newsletter* 127:12-17.
- Laloe, J.O., Esteban, N., Berkel, J., Hays, G.C., (2016). Sand temperatures for nesting sea turtles in the Caribbean: implications for hatchling sex ratios in the face of climate change. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 474, 92 – 99.
- Lal, A., Arthur, R., Marbà, N., Lill, A. W., & Alcoverro, T. (2010). Implications of conserving an ecosystem modifier: increasing green turtle (*Chelonia mydas*) densities substantially alters seagrass meadows. *Biological conservation*, 143(11), 2730-2738.
- Li T-H, Lei I-I, Byadgi OV, Chen I-C and Tsai M-A (2023) Evidence of chelonid herpesvirus 5 infection in green turtle (*Chelonia mydas*) indicated a possible tumorigenesis activation by transcriptome analysis. *Front. Mar. Sci.* 10:1185111.
- Li TH, Hsu WL, Chen CY, Chen YC, Wang YC, Tsai MA, Chen IC, Chang CC. (2022) Preparation of recombinant glycoprotein B (gB) of Chelonid herpesvirus 5 (ChHV5) for antibody production and its application for infection detection in sea turtles. *Sci Rep.*;12(1):11022.
- Li TH and Chang CC, (2020). The impact of fibropapillomatosis on clinical characteristics, blood gas, plasma biochemistry, and hematological profiles in juvenile green turtles (*Chelonia mydas*). *Bull Mar Sci.* 96(4):723-734.
- Li TH, Cai YR, Wu PY, Ng CKY, Balazs GH, (2020). Lesson to learn from an endangered green turtle (*Chelonia mydas*): marine debris ingestion, rehabilitation and satellite tracking. *Indian J. Anim. Res.* <https://doi.org/10.18805/ijar.B-1246>.
- Makowski, C., Seminoff, J.A., Salmon, M., (2006). Home range and habitat use of juvenile Atlantic green turtles (*Chelonia mydas* L.) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. *Mar. Biol.* 148, 1167–1179.
- Maraki S, Sarchianaki E, Barbagadakis S. (2012). Myroides odoratimimus soft tissue infection in an immunocompetent child following a pig bite: Case report and literature review. *Braz.J.Infect.Dis.*, 16, 390–392.
- Martin RE. (1996). Storm impacts on loggerhead turtle reproductive success. *Mar Turtle Newsl* 73:10–12.
- Mazaris, A. D., Matsinos, G., & Pantis, J. D. (2009). Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. *Ocean & Coastal Management*, 52(2), 139-145.
- Matsuzawa Y, Sato K, Sakamoto W, Bjorndal K. (2002). Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe. *Japan Mar Biol* 140(3):639–646.
- Mcgehee MA. (1990). Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica* 46(3): 251–258.
- Miller JD, Limpus CJ. (2003). Ontogeny of marine turtle gonads. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds) *The biology of sea turtles, volume II*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 199–224.
- McDermid KJ, Kittle RP 3rd, Veillet A, Plouviez S, Muehlstein L, Balazs GH. (2020). Identification of Gastrointestinal Microbiota in Hawaiian Green Turtles (*Chelonia mydas*). *Evol Bioinform Online*. 15;16: 1176934320914603.
- Mcgehee, M. Angela. (1990). Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica*, 251-258.
- Miller, S. L., Honig, M. L., Shensa, M. J., & Milstein, L. B. (1997). MMSE reception of DS-CDMA for frequency-selective fading channels. In *Proceedings of IEEE International Symposium on Information Theory* (p. 51). IEEE.

- Miller, J.D., and S.A. Dinkelacker. (2008). Reproductive structures and strategies of turtles. Pp. 207–259 in Biology of Turtles (J. Wyneken, M.H. Godfrey, and V. Bels, eds.). CRC Press, USA.
- Mrosovsky, N. A. J. P., & Provancha, J. (1992). Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. Canadian Journal of Zoology, 70(3), 530-538.
- Nakamura MF, Santos AJB, Lobão-Soares B, Corso G. (2019) Lunar phases and hawksbill sea turtle nesting. *J. Ethol.* 37 (3), 307–316.
- Ng CKY, Gu HX, Li TH, Ye MB, Xia ZR, Zhang FY, Duan JX, Hsu CK, Balazs GH, Murphy NB, (2018). Insights into identifying habitat hot spots and migratory corridors of green turtles in the South China region. *Aquat. Conserv.* 28 (5), 1181-1191.
- Ng, C.K.Y., Matsuzawa, Y., (2020). Sea Turtles in the East Asia Region. MTSG Annual Regional Report.
- Ng, C.K.Y. and Matsuzawa, Y. (eds.) (2021). Sea Turtles in the East Asia Region. MTSG Annual Regional Report 2021. Draft report to the IUCN-SSC Marine Turtle Specialist Group.
- Oros J, Calabuig, P, Deniz S, (2004). Digestive pathology of sea turtles stranded in the Canary Islands between 1993 and 2001. *Vet. Rec.* 155, 169-174.
- Oros J, Montesdeoca N, Camacho M, Arencibia A, Calabuig P. (2016). Causes of Stranding and Mortality, and Final Disposition of Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) Admitted to a Wildlife Rehabilitation Center in Gran Canaria Island, Spain (1998-2014): A Long-Term Retrospective Study. *PLoS ONE* 11(2): e0149398.
- Packard, G. C., C. R. Tracy and J. J. Roth. (1977). The physiological ecology of reptilian eggs and embryos, and the evolution of viviparity within the class Reptilia. *Biological Reviews* 52: 71-105
- Page-Karjian A, Norton TM, Krimer P, Groner M, Nelson SE, Gottdenker NL. (2014). Factors influencing survivorship in rehabilitating green sea turtles (*Chelonia mydas*) with fibropapillomatosis. *J Zoo Wildl Med.* 45: 507-519.
- Park DH, Kothari D, Niu K-M, Han SG, Yoon JE, Lee H-G, Kim S-K. (2019). Effect of Fermented Medicinal Plants as Dietary Additives on Food Preference and Fecal Microbial Quality in Dogs. *Animals.* 9(9):690.
- Parga ML, Crespo-Picazo JL, Monteiro D. et al. (2020). On-board study of gas embolism in marine turtles caught in bottom trawl fisheries in the Atlantic Ocean. *Sci Rep* 10, 5561.
- Packard, G.C., Tracy, C.R., Roth, J.J., (1977). The physiological ecology of reptilian eggs and embryos, and the evolution of viviparity within the Class Reptilia. *Biol. Rev.* 52, 71 – 105.
- Pike, D. A. (2008). Environmental correlates of nesting in loggerhead turtles, *Caretta caretta*. *Anim. Behav.* 76, 603–610.
- Pike D, Stiner A (2007). Sea turtle species vary in their susceptibility to tropical cyclones. *Oecologia* 153(2):471–478.
- Provancha JA, and Ehrhart LM. (1987). Sea turtle nesting trends at kennedy space center and Cape Canaveral Air Force Station, Florida, and relationships with factors influencing nest-site selection,” in Ecology of East Florida Sea Turtles: Proceedings of the Cape Canaveral, Florida Sea Turtle Workshop Miami, Florida February 26–27, 1985 NOAA Technical Report NMFS 53, ed. W. N. Witzell (Seattle, WA: NOAA), 33–44.
- Qasim, S.Z. & Bhattathiri, P.M.A. (1971) Primary production of a seagrass bed on Kavaratti atoll (Laccadives). *Hydrobiologia*, 38, 29–38.



- Robinson NJ, Sanfèlix MM, Blanco GS, Clyde-Brockway C, Hill JE, Paladino FV, Tomás J, Tomillo PS. (2022). Effect of water temperature on the duration of the internesting interval across sea turtle species. *J Therm Biol* 110:103342.
- Royle, N.J., P.T. Smiseth, and M. Kölliker. (2012). *The Evolution of Parental Care*. Oxford University Press, UK.
- Santos KC, Tague C, Alberts AC, and Franklin J. (2006). Sea turtle nesting habitat on the US Naval station, guantanamo Bay, Cuba: a comparison of habitat suitability index models. *Chelonian Conserv. Biol.* 5, 175–187.
- Schofield, G., Katselidis, K. A., Lilley, M. K., Reina, R. D., & Hays, G. C. (2017). Detecting elusive aspects of wildlife ecology using drones: New insights on the mating dynamics and operational sex ratios of sea turtles. *Functional Ecology*, 31(12), 2310-2319.
- Seminoff, J. A., Eguchi, T., Carretta, J., Allen, C. D., Prosperi, D., Rangel, R., ... & Peckham, S. H. (2014). Loggerhead sea turtle abundance at a foraging hotspot in the eastern Pacific Ocean: implications for at-sea conservation. *Endangered Species Research*, 24(3), 207-220.
- Seminoff JA, Resendiz A, Nichols WJ, Jones TT, (2002). Growth rates of wild green turtles (*Chelonia mydas*) at a temperate foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Copeia* 3:610-617.
- Smith JR, Lindborg RJ, Hernandez V, Abney EA, & Witherington BE. (2021). Using behavior indices and vital rates to determine the conservation impact of wildlife tourism: Guided sea turtle watch programs in Florida. *Global Ecology and Conservation*, 27.
- Spotila, J.R., Standora, E.A., (1985). Environmental constraints on the thermal energetics of sea turtles. *Copeia* 694 – 702, 1985.
- Staines, M.N., Booth, D.T., Madden Hof C.A., Hays, Graeme, C. (2020). Impact of heavy rainfall events and shading on the temperature of sea turtle nests. *Marine Biology* 167, 190.
- Sykora-Bodie ST, Bezy V, Johnston DW, Newton E, Lohmann K. (2017). Quantifying Nearshore Sea Turtle Densities: Applications of Unmanned Aerial Systems for Population Assessments. *Sci Rep* 7, 17690.
- Tiwari, M., Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Bolker, B. M. (2006). Evaluation of density-dependent processes and green turtle *Chelonia mydas* hatchling production at Tortuguero, Costa Rica. *Marine Ecology Progress Series*, 326, 283-293.
- Wood DW and Bjorndal KA. (2000). Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia* 2000: 119-128.
- Wiggins, J., Baum, D., Broderick, A. C., Capel, T., Colman, L. P., Hunt, T., ... & Weber, S. B. (2023). Efficacy of artificial nest shading as a climate change adaptation measure for marine turtles at Ascension Island. *Wildlife Society Bulletin*, 47(4), e1497.

附件一、期末報告評選委員會委員意見回覆



評選委員意見	執行團隊說明	參照 成果報告書
劉委員莉蓮/國立中山大學海洋科學系		
1 本計畫工作量大，收集到的野外資訊很寶貴，非常值得進一步分析。	感謝委員的肯定！由於本計畫工作量較大，過程中收集到的野外資訊確實十分珍貴，未來我們也會進一步進行更深入的分析，期望能將這些數據的價值充分發揮，為相關研究提供更多參考與應用依據。	-
2 建議 p.4 計畫整體執行進度說明部分字體大些以利閱讀。	已修正。	P4
3 遮蔽減曬降溫試驗採用四面圍住再加頂蓋方式，阻礙空氣流通，可能導致升溫更劇烈，需要再改善。	未來建議，可根據最適卵窩大小（半徑 0.75m），設置高 90cm、直徑 1.5m 的上遮罩，側邊遮罩則不須遮蔽，使卵窩空氣流通順暢，讓熱源可以擴散。	-
4 p.16 每隻海龜有四個標號，請說明一般使用哪個標號？是左後標嗎？	現場研究辨識、紀錄會以左後肢標籤號碼為主。	P16
5 p.43 小琉球沙灘面積計算，請以圖示說明計算範圍。	已添加圖示，請參考研究結果-第二小節。	P43
6 肚仔坪及漁埕尾沙灘標示之母龜產卵處，有些在生活污水滯留區附近。建議未來觀察時注意周遭是否為污水流入或滯留區，特別是在颱風(雨季)時。又，這類問題該如何處理？	污水中所含的細菌確實可能影響卵窩的孵化狀況。目前，國外已有相關研究分析海龜卵上的細菌，以了解海龜是否暴露於污水環境中。但本計畫目前卵窩微生物的結果無法直接證實有否被汙水入侵過，但若做定量的藥物感受性試驗(最小抑菌濃度)和細菌相基因定序(NGS)有機會可以間接說明，但因為費用高且也不一定能證實所以要評估是否要做，另外汙染部分也許檢測環境沙子裡的重金屬或環境賀爾蒙等更有機會。	-
7 有些沙灘坡度隨季節之變動頗大，坡度變動是否影響生殖成功率？未來若能對此做些紀錄更佳。有這類研究的參考資料嗎？	母龜選擇卵窩位置時，有許多選擇上的壓力，例如靠近海水一側的卵窩，有較高的淹沒風險，而遠離海水的卵窩，其稚龜被捕食和迷失方向的風險則較高 (Wood and Bjoerndal, 2000; Santos et al., 2006)。根據 Horrocks 和 Scott 的研究指出，母海龜在產卵沙灘上的爬行距離，會因沙灘坡度的不同而進行調整，母龜多將卵窩產在平均海拔 1.2 公尺左右的高度，此外較高的卵窩其孵化率也較高 (Horrocks and Scott, 1991)。此外 Wood 和 Bjoerndal 的研究也指出，相對於溫度、濕度	-

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報告書
		和鹽度等因子，沙灘坡度似乎對母海龜選擇地點的影響最大(Wood and Bjorndal, 2000)。類似的現象也在其他研究當中(Provancha and Ehrhart, 1987; Cuevas et al., 2010; Cluver et al., 2020)被指出。未來相關計畫建議納入該指標並紀錄之。	
8	結構方程式納入之參數及各參數給分基準和範圍請再多些說明，以利後續比較。	已補充至研究方法第 2-1 小節。	P18
9	建議補充說明海龜卵之掠食者為何？各掠食者之掠食量為何？	目前直接觀察到的掠食者為角眼沙蟹 ( <i>Ocypode ceratophthalmus</i> )、螞蟻（種類待鑑定）及赤背松柏根 ( <i>Oligodon formosanus</i> )，潛在掠食者為椰子蟹、家鼠 ( <i>Rattus rattus</i> )，但各別略食量無從得知。	-
10	遮蔽試驗及卵窩孵化紀錄之溫度資料目前以日均溫方式進行分析，請考慮分析日最高溫、日最低溫及日溫差，以了解溫度變動是否超過海龜胚胎正常發育之溫度範圍。是否有相關參考資料？	一項於昆士蘭州東海岸的 Peak Island 之海龜產卵資料指出，海龜卵窩的溫度範圍為 25.5-36.5°C，而其卵窩日溫差的範圍則介於 0.2 至 1.0 °C 之間 (Hewavisenti and Parmenter, 2002)，而本次卵窩模擬試驗中，我們所觀察到之日溫差平均範圍亦低於 1°C，顯示其與天然卵窩之日溫變化差異不大。	-
11	多重抗藥性結果表 24 如何解讀請補充說明。	多重抗藥性分析結果則顯示僅一株弧菌具多重抗藥性(MARI=0.36)	【表 26】
12	今年小琉球有三隻海龜上岸產卵，臺灣其他地點上岸產卵相關研究建議也討論一下。	歷年母龜數量相關討論，詳討論章節 1-1	P95
張委員懿/國立中山大學			
1	章節編排應調整，可參考署內計畫報告架構。	感謝委員建議。已參考署內計畫報告的架構，並完成了相關的調整。	-
2	是否有颱風前後空拍或衛星觀測沙灘變化？	有，請參考研究結果-第二小節。	P43
3	為何使用 SEM 的論述不足，應引用類似研究實例，且應該在「材料方法」章節中補充細節。	已補充至研究方法第 2-1 小節。	P18
4	文字與詞句應多潤飾。	本報告已進一步潤飾文字與詞句，讓內容更為順暢且精確。	



評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報告書
5	簡報中的網格設計隻數 GIS 圖是否補充於報告內，並且用「核密度」(Kernel Density)繪製海龜密度空間分布圖？	是，詳研究結果第八節。	P89
6	SEM 模式中的波浪大小建議使用浮標資料。	未來將結合小琉球多年浮標資料和海龜卵資料進行合併分析使用，藉此提供更完善之資料。	-
陳委員添喜/國立屏東科技大學			
1	資料數值應確實校對，如摘要中平均卵窩數為 18 窩，P.55 則為 19 窩。	已修正，本計畫此次共調查紀錄 19 個卵窩。	-
2	文獻回顧段落不宜過長，不易閱讀，應重整。	感謝委員建議，將根據文獻回顧段落進行調整。	-
3	微生物鑑定部分 P.21 有提到真菌鑑定，但結果皆未提及。	真菌部分以 SDA(Sabouraud agar)培養，初步鑑定計得到黴菌 110 株、酵母菌 0 株，目前已經完成黴菌之保菌作業，待使用 Primer (ITS-1 和 ITS-4) 進行 PCR。	-
4	結果部分應整理出重點並盡量以科學報告方式呈現，避免過多敘述性成果。	感謝委員建議，將如委員所說調整結果的呈現方式。	-
5	氣候資料應移至研究方法中，研究地點環境資料。	研究方法呈現歷年來氣候資料，而結果中則呈現今年調查期間所測得的氣候資料。	-
6	表 12 中 2023 與 2024 母龜合併計算，結果說明 2024 與 2022、2023 無顯著差異？亦應列出統計結果。	由於 2023 年僅 1 隻母龜上岸產卵，故無法進行統計分析。而 2022 年及 2024 年上岸產卵母龜體型則無顯著差異，詳研究結果第 3-2 節。	P47
7	挖洞、產卵位置建議以全島空間尺度呈現為宜。	已呈現在研究結果，3-3 節。	-
8	P.60 之%值小數點為數應合適宜。計算資料有誤，孵化前期死亡 162 顆(9%)？孵化中期死亡 173 顆(9%)？	已修正。	P60
9	P.64 之 ANOVA 檢定應進行事後檢定才能有兩組間差異之結論。	已修正，詳研究結果第 4-2 節	P64

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報告書
10	海域活動之結果呈現建議以空間資訊如 GIS 方式呈現，方法亦有說明，但結果未呈現。	是，詳研究結果第八節。	P89
11	參考文獻格式應校對並應一致。	已修正。	-
蘇委員宏盛/海洋保育署			
1	摘要第 3 行前段「回游」，請修正為「洄游」。另第 1 行「本研究」，建議修改為「本計畫」。	已修正。	-
2	請將期中報告各委員所提意見及回復情形納入期末報告。	已修正，詳附件二。	-
3	圖目錄之途 1 後段文字，建議刪除。圖 24、圖 25 亦同。表目錄之表 9 亦同。	已修正。	-
4	P.87 伍、建議，各項次標號格式有誤，請修正。另如何增設適當的遮陰裝置，請提出具體的研究方向建議。	已提出，詳章節『建議』。	P110
5	P.30-31 圖 16、17、18 圖說文字大小不一，請統一格式。	已修正。	-
6	P.14 表 2 所列之備註說明，建議置於表格之下方。	已修正。	-
7	本計畫調查所得各沙灘卵窩孵化率，相較於其他國家或地區，其差異為何？		-
羅委員進明/海洋保育署			
1	本計畫有按照工項完成母龜生殖生態調查，龜卵孵化生理調查、志工培訓及環境教育講座及周邊海域海龜活動範圍調查。		-
	對於報告中針對海龜孵化進行孵化卵窩微生物分析，提到部分菌株具有抗藥性，需注意其公共衛生風險，可否再進一步補充說明所指為何？如何防範？	就公共衛生而言，弧菌( <i>V. alginolyticus</i> 、 <i>V. harveyi</i> 、 <i>V. parahaemolyticus</i> 和 <i>V. vulnificus</i> ) 是常見與人類感染相關的主要致病原，因此應注意接觸這些細菌而遭受感染的風險(比如進行卵窩開挖的人員)。	-

評選委員意見	執行團隊說明	參照 成果報告書
P.45 有提到小琉球沙灘的沙量會因氣候變化而波動，進而影響綠蠵龜的產卵行為，以此觀之在目前本署規劃小琉球海龜重棲劃設的六處沙灘，是否有必要做調整，而本計畫重要是以中澳、漁埕尾及肚仔坪為調查位置，其他三處之沙灘，據團隊在地的觀察如何？是否有變化？	<p>小琉球的沙量變化主要受季節和颱風的影響。季節性的變化較為穩定且持續時間較長，變動幅度較小。通常在夏季（7至8月）沙量達到高峰，而冬季（12至1月）沙量則開始逐漸下降。</p> <p>相較之下，颱風帶來的沙量變化較為劇烈且不穩定，可能導致大量的補沙或掏沙現象。今年，小琉球所有沙灘皆受到颱風的影響，造成短期沙量流失，但隨後沙子逐漸回補。因此，現階段不需要對重棲所劃設的六處沙灘進行調整。</p>	-
P.54 提到沙灘上其他干擾因子及潮汐，並非影響海龜上岸及產卵的主要原因，而在 P.84 末段則說明潮汐才是影響小琉球海龜是否靠岸的主要原因，之間是否有矛盾或語意敘述上，煩請再說明。另食餌等相關環境因素是否有關？	P.54 所提為上岸產卵母龜，P.84 末段所提為岸邊被空拍機拍攝的海龜。岸邊被空拍機拍攝的海龜可能是青少年或亞成年或成年海龜。	-
P.60 提到本次調查各卵窩之總卵數為 1,834 顆，整體孵化率為 40%，此較之過往的調查記錄情形如何？另今年的雌、雄比例大概為何？	<p>根據本計畫研究顯示，2023 年總孵化率顯著高於 2024 年，而 2024 年總孵化率則與 2022 年相近。</p> <p>而今年因為多數卵窩孵化率過低，無稚龜樣本可取性腺觀察，故無明確雌、雄比例。但根據 King, R. et. al. 於 2013 年在台灣的綠蠵龜性別比研究中所導出的公式進行性別比的換算，雌雄比還是以雌性為主。</p>	-
以今年小琉球 7 月份起開始徵收觀光保育費，就團體在地觀察，對於海龜保育而言，是否有正面影響，看法如何？	<p>從在地觀察來看，此政策在海龜保育方面確實帶來一些正面影響。管制站雖以潮間帶管理為主要目的，但其對海龜保育的作用不容忽視，例如協助回報海龜產卵爬痕、追蹤卵窩狀況，以及減少遊客亂丟垃圾和撿貝殼的行為。然而，保育費的具體運用尚不明確，建議縣府公開相關資料以便評估成效。此外，管制站設置於海龜產卵棲地可能有違保育初衷，這些行動其實可通過加強巡查與教育活動來實現，無需依賴硬體設施。</p>	-

評選委員意見	執行團隊說明	參照 成果報告書
	整體而言，管制站對海龜保育有正面助益，但其設置與運作方式應進一步檢討。同時，提升保育費使用的透明度，結合生態監測數據，才能更全面地實現保育與永續發展的目標。	
	<p>建議海龜產卵季(4月-7月)期間，夜間(8:00點-凌晨 1 點)禁止進入產卵沙灘(當下有產卵記錄的沙灘才予以管制)。</p> <p>配合海洋保育法以三讀通過，未來正式實施後，如要藉助該法第 14 條進行相關管理禁限制行為或依第 20 條進行相關保育措施，團隊根據本計畫執行的經驗，認為可以有那些作為，能有助於海龜的保育工作。</p> <p>若無法進行以上管制則宣導如下</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 進入沙灘時關閉手電筒、手機或螢幕等光源，並避免製造噪音(比如鞭炮)。</li> <li>2. 避免觸碰產卵母龜或孵化稚龜。</li> <li>3. 避免吸菸、請勿使用火柴或打火機。</li> <li>4. 垃圾隨手帶回。</li> <li>5. 避免露營和使用營火。</li> <li>6. 請勿帶走海灘上的沙子。</li> </ol>	-



## 附件二、期中報告評選委員會委員意見回覆

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報 告書														
劉委員莉蓮/國立中山大學海洋科學系																	
1	請增列摘要。	已增列中英文摘要。	-														
2	小琉球海龜是否能分辨出其為定居型或洄游型或混合型?	目前僅海龜點點名關於 Photo ID 的研究可粗略分辨，其結果如下：根據公民科學家回報的資料和 Photo-ID 辨識個體，有將近一半 (2017-2020 年，共辨識約 320 隻海龜，48.9%)，停留超過一年以上。其他部分則可能有短暫停留或是海龜還在但沒有被拍到回報。	-														
3	海龜計數數量單位請注意一致性，條或頭建議擇一使用。	本篇報告中的海龜數量統一以「頭」為計數單位。	-														
4	小琉球海龜保育與遊客遊憩已有海域棲地利用上之衝突，建議進行跨單位討論改善策略(如 p.55)。	在研究進行期間，我們確實觀察到遊客與海龜棲地利用之間的衝突。我們目前正在收集遊客出現時間、人數及遊憩行為等相關數據，以便更深入了解這些衝突的影響和範圍，這將有助於為後續的跨單位討論並做好準備。待分析完成後，我們將會積極尋求相關單位的合作，以共同商討適當的保育策略。	-														
5	海龜歷年產卵點位是否可用 GIS 之類之系統建置，以利資料之比對。	目前本團隊共蒐集 2022~2024 年 3 年的數據，也於此案建立 GIS 產卵點位。	-														
6	海龜產卵之結構方程式各影響因子程度如何界定，請加以說明(P.17)。	因子有朝差、雲層厚度、月光強度、波浪大小、沙灘干擾程度、沙灘面積等因子依照強弱進行排序，並給予分數，以利資料分析，詳參-一-(七)章節	P57-P59														
7	計畫各工項執行單位及人員請補充說明。	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">主要工項</th> <th style="text-align: center;">執行單位或人員</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">產卵母龜生殖生態調查</td> <td style="text-align: center;">海龜志工團隊</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">稚龜孵化調查</td> <td style="text-align: center;">海龜志工團隊</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">龜卵孵化生理資料調查</td> <td style="text-align: center;">海龜志工團隊</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">巡護志工培訓及環境教育講座</td> <td style="text-align: center;">專案經理</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">周邊海域海龜活動範圍調查</td> <td style="text-align: center;">專案經理</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">協助辦理相關行政業務並提供專業諮詢</td> <td style="text-align: center;">專案經理</td> </tr> </tbody> </table>	主要工項	執行單位或人員	產卵母龜生殖生態調查	海龜志工團隊	稚龜孵化調查	海龜志工團隊	龜卵孵化生理資料調查	海龜志工團隊	巡護志工培訓及環境教育講座	專案經理	周邊海域海龜活動範圍調查	專案經理	協助辦理相關行政業務並提供專業諮詢	專案經理	-
主要工項	執行單位或人員																
產卵母龜生殖生態調查	海龜志工團隊																
稚龜孵化調查	海龜志工團隊																
龜卵孵化生理資料調查	海龜志工團隊																
巡護志工培訓及環境教育講座	專案經理																
周邊海域海龜活動範圍調查	專案經理																
協助辦理相關行政業務並提供專業諮詢	專案經理																
8	全島海龜數量計數建議增加單位面積平均數量之分析(P.51)。	已增列於研究結果-周邊海域海龜活動範圍調查章節。	-														
9	遮光實驗分析結果請把平均值等基本統計結果在表 16 呈現。本實驗在沙灘上做和海龜產卵地選擇有差異，建議確認目的後，再設計實驗。	主要目的是要降低卵窩溫度，藉此增加孵化率和較低性別偏差的情況。本次選擇的地點，在島上東邊，日曬為最充足的地點，因此降溫效果若應用到島上其他地方，因日曬時間未如實驗地點充足，因此未來實際應用的降溫效果，應該比我們實驗的結果更好。	-														
10	請增列結論與建議。	已增列此兩章節。	-														
陳委員添喜/國立屏東科技大學																	

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報 告書
1	部分參與文獻未列出，如期中報告 P.9。密度估算，且方法不一，不宜有直接比較。	已增列，請參考引用文獻	-
2	長期趨勢改變部分應特別提出，如產卵期提前、未上標個體。	目前現有的資料顯示，尚無法明確判斷母龜的產卵期是否真的提前，或其實一開始就有較早的產卵行為。這主要是因為過去小琉球的研究多集中於 7 至 8 月，對其他月份的產卵活動缺乏足夠的觀察與數據支持，導致難以釐清產卵期是否有所改變。 在 2022 年曾記錄到 3 隻舊龜，今年則僅有 1 隻母龜為上標個體，顯示出回游母龜的比例相對較低。這可能暗示有部分母龜首次回游產卵，但尚未上標，或反映了母龜族群的流動性與棲地利用的變化。	-
3	報告格式應改善，如科學名首次應列出屬名。	本篇報告已全數修正。	-
4	海溫非在地、空間尺度應合宜。	已修整相關分析依據。	-
5	沙灘缺沙問題，植被下方應為正常。	此次小琉球是肚仔坪沙灘有缺沙的問題，我們觀察到七月與九月底颱風過境後，沙灘的沙層明顯減少，甚至連植被下方的沙層也受到侵蝕。這是因為颱風期間的大浪對沙灘造成了強烈的沖刷作用，將沙子帶回海中，而非堆積於沙灘表面。 颱風對沙灘沙層的影響主要取決於波浪能量和沿岸地形。肚仔坪可能因地形平坦，沙子更易受到大浪搬運。此外，植被下方沙層的流失表明颱風影響已達深層，需特別關注。	-
6	自動相機的型式應合宜，並有效率的監測方式。	自動相機的型式及監測效率，我們主要選擇具備高解析度、耐候性強且支援夜間拍攝功能的相機型號，以適應沙灘及海岸環境。同時，採用定時拍攝更能有效提升監測效率，確保重要數據完整記錄。	-
蘇委員宏盛/海洋保育署			
1	本報告書建議增加摘要，重點說明期中階段前執行情形。	已增列於報告中。	-
2	P.39 中段第 3 行重複出現“圖 25”兩次	圖片標號植入錯誤的部分已修正。	-

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報 告書
3	P.39 最後一行提及編號 N6.5，請問說明編號為 6.5 的編號邏輯為何？	當時母龜在產第 N.6 時，因發生重複產卵現象，當下使用紅燈照射迫使母龜移動，因此驚嚇到產卵母龜，導致產卵分成 2 次才完成，為區分卵窩差異，故編號為 N.6-1 及 N.6-2。	-
4	P.53 提及小琉球沙灘卵窩承載量有限，請問一頭母龜每一產卵期所需要的沙灘面積約需多大？	合適的卵窩大小為半徑 0.75m，約 1.8 平方公尺。	-
5	本次調查海龜出現的頻度，與當地海岸地形與生態環境之關聯度如何？	根據結構方程模式(Structural equation modeling；SEM)建構的結果顯示，海龜主要喜歡於面積大及寬度廣的沙灘上岸進行產卵。至於沙灘上的其他干擾因子及潮汐，則並非影響海龜上岸及產卵的主要原因。	-
羅委員進明/海洋保育署			
1	補充摘要、結論與建議。	已增列於報告中。	-
2	另進行空拍過程，請再進一步說明。	<p>空拍調查方式簡述如下：</p> <p>飛行區域與頻率：小琉球沿岸周邊（除大福漁港港內禁航區），每月進行一次空拍調查，避開禁航區時離岸 100 至 150 米飛行。</p> <p>拍攝時間：以滿潮時間點進行拍攝，增加拍攝到海龜的機會。</p> <p>飛行路線與高度：沿小琉球海岸環繞一圈，距離岸 50 米，飛行高度 50 至 60 米，根據當日氣候和海況調整。</p> <p>飛行速度：設定 5 米/秒內，避免因速度過快影響計數精確性。</p> <p>拍攝角度：垂直俯視（90°），便於計算距離、面積和數量。</p> <p>分區調查：根據沿岸地標分成 12 個區段，海岸線長度 0.5 至 2 公里不等，逐段進行拍攝。</p> <p>數據分析：利用空拍影像手動計數海龜，並確保符合標準（明顯觀察到前肢揮動），將結果轉換為 GIS 格式（Shapefile 或 JSON）進行分布分析。</p>	-
3	目前計畫執行至今團隊觀察到的狀況如何？如性別比？另外就目前現有的調查數據與本署規劃的「小琉球海龜重要棲息環境(草	由於今年卵窩孵化率較低，死亡稚龜樣本較少，無法單就性腺切片進行分析判定，但就分化溫度及 King, R. et. al.於 2013 年在台灣的綠蠵龜性別比研究中所導出的公式進行性別比的換算，今年卵窩中的性別比還是以雌龜為主。	-

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報 告書
	案)」的內容比對是否有需要調整?目前所規劃 6 處的重棲範圍是否足夠?另外歷年母龜上岸產卵的數量,請協助統計提供本署參考。	關於小琉球海龜重要棲息環境(草案),其範圍已劃上小琉球主要的產卵棲地,小琉球除了這 6 處目前無其他較合適的產卵棲地。	
4	P.44 表 2 誤繕為表 12;P.52 表頭內容與 P.51 有關,是否整併說明。	表 2 部分已修正,期中報告 P52 與 P51 已於期末報告從新合併分析說明,詳參-六。	-
5	近期本署請琉球鄉公所更換友善生態環境路燈,請團隊就更換的路燈的區域與海龜上岸產卵的位置或狀況進行比較分析,以探討路燈的成效。	關於友善生態環境路燈的更換成效,目前觀察到在更換後的沙灘上,尚未有成龜上岸產卵或小龜孵化的情形,因此難以直接評估路燈更換對海龜行為的具體影響。然而,根據野外調查經驗,更換後的燈光強度與照射角度顯著降低了沙灘的光害。  光害的減少對海龜而言是正向的環境改變,有助於減少稚龜剛孵化時被光害影響的可能性。	-
6	請團隊補充說明漁埕尾產卵母龜第一次產卵的位置為茂密的馬鞍藤,是否有影響其產卵行為,或該母龜選此位置的可能原因。	這隻母龜選擇在白天上岸,並將產卵地點選在茂密的馬鞍藤區域,可能反映出其行為模式更傾向尋求遮蔽與安全感。白天上岸的海龜通常面臨更高的風險,例如掠食者威脅或人類活動干擾,因此這隻龜可能選擇了馬鞍藤區域,甚至意圖躲進樹林中,以尋求更隱蔽的環境來降低威脅。  此外,植被區域提供的天然屏障,可能進一步減少了光線直射和其他環境壓力,使其感到更安全。然而,白天上岸的行為相對少見,可能與近期環境改變(如路燈更換或沙灘使用情況)有關,值得持續觀察並記錄相關情境。  建議針對此個案及類似情形進行更詳細的行為與環境因素分析,以進一步理解植被密度、遮蔽效果及日間干擾因素對海龜產卵行為的影響,並用於優化沙灘管理與保育策略。	-
7	因團隊在小琉球執行產卵母龜調查已 2 年半,以這些資料及協會調查期間遇到問題,如果依海保法第 14 條公告部分管制範圍或	根據《海洋保育法》第 14 條提供的建議,針對小琉球海龜產卵區域的保育管理: 限制海洋遊憩或休閒活動,在海龜產卵季節 4~7 月,於當下有海龜上岸的特定沙灘區域公告限制夜間遊憩活動,例如營火、潮間帶導覽、夜潛及燈光的限制等,以減少人為干擾,保障母龜上岸產卵的安全性。	-

評選委員意見		執行團隊說明	參照 成果報 告書
	禁止事項，是否可以提供相關建議？		
8	小琉球自 7 月 1 日起開始收取保育費，請團隊針對這 2 處收費沙灘、海龜調查與志工或民眾的反應等資料，分析自收費起遊客的移動或密度對於海龜產卵或其分布是否有影響？	根據目前的調查結果，保育費的收取確實減少了漁埕尾與肚仔坪等收費沙灘白天的遊客人數。然而，由於海龜的主要上岸產卵時間集中在夜間，而夜間的管理尚未完善，目前仍然觀察到夜潛打魚的民眾和自行前往夜遊的遊客，這些活動可能對海龜的產卵行為造成干擾。	-
大鵬灣風景區管理處書面意見			
	小琉球各式水域遊憩活動興盛，諸如獨木舟、SUP 等浮具，之前媒體報導占用沙灘影響海龜上岸產卵影響生態，已造成上級重視，本處已極力向業者宣導配合辦理並辦理機關之間聯合稽查作業，以致力維持沙灘生態環境。建議倘如夜間巡灘志工有發現浮具占用情事，請適度向本處琉球管理站反應，以為妥適因應。	小琉球的海龜生態確實是我們大家共同的珍貴資產，尤其是夜間沙灘對海龜上岸產卵的重要性，值得所有人一起守護。 我們協會將持續宣導相關知識，提醒參與水域遊憩活動的遊客與業者自律，共同維護沙灘的自然環境。我們也會積極鼓勵夜間巡灘的志工們協助反映浮具占用的情形，並與琉球管理站保持密切聯繫，以共同推動改善措施。	-
	琉球為珊瑚礁島嶼，故能提供浮具活動(獨木舟、sup、水上腳踏車)的下水沙灘點非常有限。倘如本計畫規劃沙灘為保育區，是否對於從事水域遊憩活動有影響性？	目前，海洋委員會海洋保育署預計規劃的區域為「野生動物重要棲息環境」。此規劃依據《野生動物保育法》第 8 條第 4 項及施行細則第 10 條公告劃設，旨在對該區域的開發與土地利用行為進行有效管理。劃設後，對於各項新興開發或土地利用行為，需進行嚴格的審核，並在必要時要求進行環境影響評估。同時，對現有的建設及土地利用行為也將進行監督與管理。此規劃以原則性管理機制為核心，確保棲地保育目標得以實現，並避免不當的開發利用對環境造成衝擊。	-



### 附件三、2024 年 2-10 月排班表

# 113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查

時間	2024/03/01												2024/03/02		2024/03/03		星期日	
	西側沙灘						東側沙灘						潮汐		潮汐			
19:30																		
21:30																		
23:30																		
01:30																		
03:30																		
備註																		
	2024/03/04		星期一		2024/03/05		星期二		2024/03/06		星期三		2024/03/07		星期四		2024/03/08	
時間	西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐	
19:30																		
21:30																		
23:30																		
01:30																		
03:30																		
備註																		
	2024/03/11		星期一		2024/03/12		星期二		2024/03/13		星期三		2024/03/14		星期四		2024/03/15	
時間	西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐	
19:30																		
21:30	劉寶珠	丁嬌妤	蔡俊吉	吳天民	簡麗慧													
23:30																		
01:30																		
03:30																		
備註	大隊長：佩瑜																	
	2024/03/18		星期一		2024/03/19		星期二		2024/03/20		星期三		2024/03/21		星期四		2024/03/22	
時間	西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐	
19:30																		
21:30																		
23:30																		
01:30																		
03:30																		
備註	大隊長：佩瑜																	
	2024/03/25		星期一		2024/03/26		星期二		2024/03/27		星期三		2024/03/28		星期四		2024/03/29	
時間	西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐		西側沙灘		東側沙灘		潮汐	
19:30																		
21:30	林毅宏	洪俊龍	劉佳要	吳順文														
23:30																		
01:30																		
03:30																		
備註	大隊長：昆弦																	



時間	2024/04/01		星期一		2024/04/02		星期二		2024/04/03		星期三		2024/04/04		星期四		2024/04/05		星期五		2024/04/06		星期六		2024/04/07										
19:30	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐								
21:30				蔡俊吉	潘漢霖	林斯允	李秀卿									呂丙廷	劉寶誠	陳忠吟	劉宇陞	黃湘鴻	劉寶誠		劉寶誠	林慶宏											
23:30																林斯允	林慶宏	呂芮廷	劉宇陞	呂丙廷	黃湘鴻	林斯允		呂芮廷	林斯允	蔡怡亭									
01:30																林慶宏	劉佳斐			林慶宏	劉佳斐			林慶宏	劉佳斐										
03:30																林慶宏	黃湘鴻	劉寶誠	蔡怡亭	00:24	20cm	林慶宏	蔡怡亭												
備註																																			
	2024/04/08		星期一		2024/04/09		星期二		2024/04/10		星期三		2024/04/11		星期四		2024/04/12		星期五		2024/04/13		星期六		2024/04/14		星期日								
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐								
19:30																																			
21:30	劉寶誠	陳品仔	謝敏燕	蔡俊吉	潘漢霖	林斯允	李秀卿										羅祖坤	蔡俊吉	林斯允	陳品仔	呂芮廷	李昆弦	潘漢霖	蔡俊吉		呂芮廷	潘漢霖	李昆弦	奧順文						
23:30																																			
01:30																																			
03:30																																			
備註	大隊長：佩瑜																																		
	2024/04/15		星期一		2024/04/16		星期二		2024/04/17		星期三		2024/04/18		星期四		2024/04/19		星期五		2024/04/20		星期六		2024/04/21		星期日								
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐								
19:30																	洪俊龍	陳毅基																	
21:30																	吳順文	蔡俊吉	陳泓儀	李秀卿															
23:30																		李昆弦	洪俊龍	吳天鈞	簡嘉慧														
01:30																		吳順文	李昆弦																
03:30																																			
備註	大隊長：昆弦·4424產卵週期第12天																																		
	2024/04/22		星期一		2024/04/23		星期二		2024/04/24		星期三		2024/04/25		星期四		2024/04/26		星期五		2024/04/27		星期六		2024/04/28		星期日								
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐								
19:30																		洪俊龍	李秀卿	吳天鈞	簡嘉慧														
21:30	謝敏燕	吳順文	林慶宏	孔儒婷															李昆弦	呂芮廷	劉宇陞	林斯允													
23:30																			林慶宏	李昆弦															
01:30																			林慶宏	呂芮廷															
03:30																			林慶宏	呂芮廷															
備註																																			
	2024/04/29		星期一		2024/04/30		星期二																						星期日						
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘		西側沙灘	東側沙灘						
19:30																		洪俊龍	蔡俊吉	劉宇陞	陳品仔														
21:30	林慶宏	劉佳斐	洪俊龍	陳品仔															劉俊宏	謝敏燕	李秀卿	劉佳斐													
23:30																			劉佳斐	林慶宏															
01:30																			呂芮廷	林慶宏															
03:30																			呂芮廷	林慶宏															
備註																																			

113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查



2023/10/1														星期日								
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																			
19:30																						
21:30																						
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註																						
2024/10/7		星期一	2024/10/8		星期二	2024/10/9		星期三	2024/10/10		星期四	2024/10/11		星期五	2024/10/12		星期六	2024/10/13		星期日		
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																
19:30																						
21:30																						
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註															因晚上活動暫停							
2024/10/14		星期一	2024/10/15		星期二	2024/10/16		星期三	2024/10/17		星期四	2024/10/18		星期五	2024/10/19		星期六	2024/10/20		星期日		
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																
19:30																						
21:30	洪俊龍	蔡俊吉	退潮																			
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註															因潮退							
2024/10/21		星期一	2024/10/22		星期二	2024/10/23		星期三	2024/10/24		星期四	2024/10/25		星期五	2024/10/26		星期六	2024/10/27		星期日		
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																
19:30																						
21:30																						
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註															因潮退							
2024/10/28		星期一	2024/10/29		星期二	2024/10/30		星期三	2024/10/31		星期四	2024/10/31		星期五	2024/10/26		星期六	2024/10/27		星期日		
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																
19:30																						
21:30	洪俊龍	林毅宏	李秀卿	謝敏燕																		
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註															因潮退							
2024/10/28		星期一	2024/10/29		星期二	2024/10/30		星期三	2024/10/31		星期四	2024/10/31		星期五	2024/10/26		星期六	2024/10/27		星期日		
時間	西側沙灘	東側沙灘	潮汐	西側沙灘	東側沙灘	潮汐																
19:30																						
21:30																						
23:30																						
01:30																						
03:30																						
備註															因潮退							





## 附件四、2024 年產卵母龜卵窩孵化率調查資料表

卵窩編號	產卵日期	孵化天數	成功 孵化卵數	未成功 孵化卵數	總卵數	孵化率	前期 死亡	中期死亡	後期死亡	未知	掠食	平均 卵窩深度
肚仔N.1	4/4	60	99	8	107	92.5%				8		63.3
肚仔N.2	4/17	52	84	28	112	75.0%	7		6	13	2	83.0
肚仔N.3	4/29	55	131	11	142	92.3%			9	2		70.3
肚仔N.4	5/10	56	106	4	110	96.4%	1		1	2		74.0
肚仔N.5	5/21	53	110	3	113	97.3%	1		2			72.5
肚仔N.6-1	6/1	-			0							32.0
肚仔N.6-2	6/3	53*	27	30	57	45.8%				22	8	32.0
肚仔N.7	6/15	55*	16	75	91	17.0%		2	66	7		100.0
肚仔N.8	6/25	-	0	122	122	0.0%	61	42	15	4		63.8
肚仔N.9	7/5	55*	19	90	109	17.0%	9		17	64		82.7
平均/加總		55	592	371	963	61%	79	44	116	122	10	67
中澳N.1	5/30	55*	13	103	116	11.2%	1		96	6		100.0
中澳N.2	6/11	-	0	111	111	0.0%		84	25	2		82.7
中澳N.3	6/23	60*	6	101	107	6.0%	7	29	64	1		104.7
中澳N.4	7/7	-	1	117	118	0.0%	60	2	21	24	10	122.7
平均/加總		58	20	432	452	4%	68	115	206	33	10	103
漁埕尾N.1	6/1	60*	42	34	76	53.8%			4	14	16	63.8
漁埕尾N.2	6/14	55*	3	86	89	7.0%	1	1	55	29		94.1
漁埕尾N.3	6/24	46	33	62	95	34.0%	2	13	6	36	5	88.3
漁埕尾N.4	7/7	51	37	44	81	45.0%	6		6	30	2	62.2
漁埕尾N.5	7/21	-	0	78	78	0.0%	5			73		62.2
平均/加總		53	115	304	419	27%	14	14	71	182	23	74
總數/總平均		55	727	1107	1834	40%	161	173	393	337	43	81

備註：「\*」代表孵化天數為預估值

## 附件五、志工培訓簽到表

113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
巡灘志工培訓簽到簿

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	教師	李青琳	18		簡志恩
2	待業	劉佳雲	19		陳淑霞
3	學校幹事	洪俊龍	20		林喬伊
4	教練	羅宇庭	21		
5	待業	孔倩婷	22		
6	創富宮	王研寧	23		
7		蘇平幼	24		
8		丁佩婷	25		
9		陳品羽	26		
10		林宜弘	27		
11	教師	吳順文	28		
12		謝敬慈	29		
13		蔡怡婷	30		
14	學生	翁詠婷	31		
15		林希璇	32		
16		林斯允	33		
17		吳天賀	34		

113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
巡灘志工培訓簽到簿

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	QQ 雜	賴詠萼	18		
2	餐廳外場	陳宥精	19		
3		張庭怡	20		
4		陳柏宇	21		
5		林芷均	22		
6		林駿傑	23		
7		張文寶	24		
8		陳慧珊	25		
9		張汗熙	26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



## 附件六、預約試講座簽到表



**113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表**

日期：113 年 4 月 10 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	設計	陳甲凡	18		
2	學生	蔡雨祺	19		
3	家長	江寶為	20		
4	家長	賴宗水	21		
5			22		
6			23		
7			24		
8			25		
9			26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 4 月 22 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	學生	許晏碩	18		
2	學生	許鈞彥	19		
3	學生	周士越	20		
4	學生	周士翔	21		
5	家管	郭千綸	22		
6	工務師	周宜安	23		
7	配音	洪山鈞	24		
8			25		
9			26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



## 113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查

## 海龜講座簽到表

日期：113 年 5 月 7 日

編 號	職 業	簽 到	編 號	職 業	簽 到
1	潛水教練	李建佑	18		
2	環保志願	王乙斐	19		
3	自由業	劉寶黛	20		
4	宗教業	薛俊吉	21		
5			22		
6			23		
7			24		
8			25		
9			26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 5 月 25 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	小琉球海巡隊	鄭公珊	18		
2		張傳瑞	19		
3		陳秀鳳	20		
4		王國宏	21		
5		黃立輝	22		
6		李振宇	23		
7		黃子雲	24		
8		黃子晏	25		
9		王奕仁	26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 6 月 8 日

編 號	職 業	簽 到	編 號	職 業	簽 到
1	公民科學家	楊宗儀	18		
2	潛水教練	李建祐	19		
3	品行業	賴錦堯	20		
4	金融業	劉昱金	21		
5	自由業	陳思慧	22		
6	醫	楊立廷	23		
7	科技業	李忠和	24		
8	科技業	林庭萱	25		
9	便當局	程依詒	26		
10	軟體業	楊博庭	27		
11	服務業	黃麗米	28		
12	零售業	張若芸	29		
13	金融業	陳仄甫	30		
14	醫療業	巫婉庭	31		
15	科技業	林俊豪	32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 6 月 11 日

編 號	職 業	簽 到	編 號	職 業	簽 到
1		漢子灘	18		
2		陳詩韻	19		
3			20		
4			21		
5			22		
6			23		
7			24		
8			25		
9			26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



## 113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查

## 海龜講座簽到表

日期：113 年 6 月 16 日

6/16

6/29  
(六)

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	Designer	Karen	18	林幸喜	食康人員
2	Inspactor	Tracy	19	鄭志伊	學生
3	Instructor	黃志仁	20	教師	李怡君
4	老師	陳彥君	21	教師	謝易耘
5	Lawyer	林秀樺	22		
6		張秀玲	23		
7		蔡以鈞	24		
8		鄭佩君	25		
9		李文仲	26		
10		吳	27		
11		黃	28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 7 月 1 日

編 號	職 業	簽 到	編 號	職 業	簽 到
1	學生	何秉謙	18		
2	學生	陳妍孜	19		
3	工人	何嘉欣	20		
4	魚	陳妍伶	21		
5	商	何珮蓮	22		
6	:	陳冠芳	23		
7		鄭羽晴	24		
8		鄭羽辰	25		
9	學生	鄭桺伊	26		
10	公	李佩甄	27		
11		黃裕瑩	28		
12	船員	簡湘琳	29		
13	服務	顏曉彤	30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 7 月 4 日

編 號	職 業	簽 到	編 號	職 業	簽 到
1	教師	詹宜靜	18		
2	家管	鄭雅如	19		
3	學生	丁潔	20		
4	學生	林玉萍	21		
5	學生	林辰芮	22		
6	學生	林孟吟	23		
7	商	林志傑	24		
8	家管	曾鳳如	25		
9	Instructor	Zen	26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



### 113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查

#### 海龜講座簽到表

113、2/1

日期：113 年 2 月 2 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	護理師	吳欣芸	18		
2	之	陳玲玲	19		
3	〃	高宜勳	20		
4	〃	袁志仁	21		
5	〃	林雲逸	22		
6	學生	劉慶雲	23		
7	護理師	潘家林	24		
8	學生	朱恩潔	25		
9	護理師	陳雅鈞	26		
10	學生	杜仲展	27		
11	服務	李偉哲	28		
12	學生	蘇盈瑩	29		
13	老師	林昭婷	30		
14	大類	洪蘊	31		
15	學生	邱綏綱	32		
16	教師	夏雅婷	33		
17	student	邱維瑩	34		



**113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表**

日期：年 7 月 2 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	潛水教練	陳詩晴	18		
2	公	楊文真	19		
3	商	張雅美	20		
4	公	沈宜強	21		
5	商	余淑玲	22		
6	教	楊郁祥	23		
7	環教人員	楊婉雅	24		
8	潛水教練	Peggy	25		
9	護	蘇忠豪	26		
10	導遊	林家春	27		
11		王慶芳	28		
12		王正子	29		
13		沈惠雲	30		
14	OWSI	彭惠鈞	31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 7 月 15 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	紋身師	黃謙煥	18		
2	保險人壽	江采穎	19		
3	貿易	黃玉婷	20		
4	營造	黃文模	21		
5	學生	鄭仲倫	22		
6	商人	廖瑋倫	23		
7	學生	鄭仲達	24		
8	學生	廖仲諭	25		
9	學生	廖羽	26		
10	服務業	黃長宏	27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



**113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表**

日期：113 年 7 月 19 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1	學生	李大輝	18		
2	家教	陳思吟	19		
3	推廣	易峻齊	20		
4	學生	徐子迪	21		
5	student	Andrea Che	22		
6	學生	張雅淇	23		
7	牧師	李淑宜	24		
8	學生	陳文之	25		
9	student	范勁加	26		
10	..	莊麗華	27		
11	學生	李國泰	28		
12	學生	李紅芝	29		
13	學生	林佑亨	30		
14	學生	吳盈暉	31		
15	學生	張聯昇	32		
16	高	黃雅君	33		
17		林世博	34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：113 年 9 月 21 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1		陳祖迪	18		康貴菊
2		何宜庭	19		羅國政
3		林以哲	20		黃建華
4		陳政	21		江立軒
5		鄭淑娟	22		吳烈小亞
6		陳昕 琦	23		
7		王妍禎	24		
8		陳映叡	25		
9		李子卿	26		
10		簡盈益	27		
11		何建國	28		
12		林春帆	29		
13		張頤琰	30		
14		易宜潔	31		
15		尹蕙卿	32		
16		何兆雲	33		
17		劉湘羽	34		



**113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表**

日期：2024年8月4日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1		方曉晴	18		
2		Carol AMENT	19		
3		陳以誠	20		
4		李昱萱	21		
5		Justin	22		
6		齊錦榆	23		
7			24		
8			25		
9			26		
10			27		
11			28		
12			29		
13			30		
14			31		
15			32		
16			33		
17			34		



113 年小琉球產卵母龜生殖暨周邊海龜調查  
海龜講座簽到表

日期：2024 年 月 日

編號	職業	簽到	編號	職業	簽到
1		林文華	18		李彥達
2		林士揚	19		林宜慈
3		李佳子	20		陳韋辰
4		陳連毅	21		江宏創
5	學生	邱暉文	22		黃子楨
6	學生	林量霆	23		周吟芸
7	大潤發	陳怡靜	24		黃威全
8	台玻	林智修	25		李育蕙
9	學生	林脩璽	26		陳祖成
10	小肺教練	邱志祐	27		邱若寧
11	店家	林奇葵	28		林文盛
12		林茹靜	29		
13		林佩涓	30		
14		陳亮宗	31		
15		葉崇安	32		
16		謝采璇	33		
17		張瑞芬	34		

8/15

8/16

8/18