

跟著科學研究

學誠信



國立自然科學博物館
NATIONAL MUSEUM OF NATURAL SCIENCE

一隻母綠蠵龜循著出生時的記憶，牠回到了蘭嶼八代灣海灘，今晚，牠準備在這個曾經孵化牠的海灘上產下一窩蛋，海面上還有一群母龜也正向蘭嶼游來，回到當初孵化牠們的沙灘上，將牠們的蛋託給海砂照顧。

曾經，在蘭嶼有好幾個海灘，年年重複著這種生命傳承的篇章。

這篇故事是以國立自然科學博物館學術副館長黃文山從1997年起，率領生物學組林展蔚博士、廖鎮磐博士、臺灣大學助理教授周均珈共同參與，展開蘭嶼爬行動物群集動態的長期監控。研究發現，因氣候變遷與海平面上升，全球沿岸棲地逐漸消失，蘭嶼海龜面臨沒有沙灘產卵的危機。另一方面人為保護的介入也改變蘭嶼爬行動物食物網的平衡，原本以海龜蛋為食的蛇類，改為掠食多種蜥蜴蛋，造成近年島上爬行動物族群崩解，這項研究「海龜蛋的損失導致了蘭嶼爬行動物群落的崩潰」2023年12月獲刊於國際科學期刊《Science Advances》。



沙灘上到處都是星羅棋布的海龜蛋窩，每個窩中都有滿滿的蛋，這些蛋長久以來就在大自然的安排下，經歷著不同的命運，有一部分成功地孵化成小海龜。但是另一部分可就沒那麼幸運了，牠們成了海洋送給陸地的補貼，滋養了住在海灘邊緣的赤背松柏根(蛇)，讓這些蛇也跟著海龜的到來而繁盛。

大自然雖然嚴酷無情，但是它的法則巧妙地維持著生態的平衡。

為了讓讀者認識科學研究方法以及其中必須遵守的研究倫理守則
本篇故事將藉由這個研究案，帶領讀者窺探找尋科學證據的方法以及研究倫理。

研究方法說明如下：

如何估算有多少海龜蛋成為陸域生態系的補貼呢？

以室內飼養實驗、短期與長期再捕捉食蛋蛇的體重紀錄求得。

★ **室內飼養實驗：**室內飼養10隻食蛋蛇赤背松柏根，餵食已知質量的蛋，利用餵食後體重增加的比率以得知食蛋後的質量轉換率

★ **短期再捕捉：**在沙灘上短期再捕捉共28隻赤背松柏根，皆為未進食的個體。依據初次與再捕捉的體重變化與間隔天數，估算蛇的每日體重減少率。

★ **長期再捕捉：**利用食蛋後的質量轉換率與蛇的每日體重減少率，以及海龜蛋消失前野外的長期再捕捉共50隻個體的體重紀錄，估算每條蛇每天攝入的平均卵重。每條蛇每天攝入的平均卵重，乘以總天數與已知的食蛋蛇族群數量共50隻，可得到被蛇吃掉的海龜蛋總重。

科學誠信小叮嚀：

誠實：野外與實驗室內之紀錄要誠實且細心。

尊重：實驗時要尊重實驗動物，符合實驗動物之規範，盡量降低操作時對動物造成的不適。

嚴謹：需要細心地做實驗與資料蒐集，其後更需要詳細確認資料的正確性與分析的完整性。

課責：野生動物實驗需要遵守野生動物保育法



母龜剛離開蛋巢後不久，赤背松柏根就吐著蛇信，循著氣味溜進了龜巢，在牠眼中，這些蛋就是海洋送來的禮物，它熟練地用著下頷齒，像開罐器一樣切開了革質軟殼的龜蛋，吸吮著大自然的恩賜。

腳步比較慢的蛇，也想進來分一杯羹，雌雄就在黑暗的龜巢中上演著大亂鬥，雌蛇可以斷尾在所不惜，但公蛇尾斷則命根斷，因此公蛇常被逐出巢外。

曾經處處的沙灘，受到了海岸侵蝕、颱風以及人類不當利用行為的多重夾擊，美麗的沙灘不再，綠蠵龜孕育生命的樂園逐漸消失，現在，幾乎僅剩下小八代灣海灘一處最後的樂園，但也傷痕累累，母龜在狹窄的空間吃力的找尋一處寶貝的天堂。

此時，保育人員及時向海龜伸出援手，護巢、移卵多管齊下，卵寶寶受到密密防護。但是，氣候變遷和人為介入的結果，赤背松柏根從此幾乎無法再享有這份海洋補貼了。



國立自然科學博物館生物研究團隊，自1997年起就一直在研究蘭嶼的爬行類動物，很快地，他們就發現了這個現象。爲了解海龜蛋這項關鍵海洋營養來源的消失，如何影響陸地爬行動物群落，研究團隊結合了實驗和觀察的方法，利用長期調查的數據，並且比較了原本就沒有海龜蛋來源的綠島與屏東二個地點，進行一系列的研究。

如何知道各個物種的數量呢？

長期物種數量調查：

定期調查並記錄蘭嶼島上8種陸生爬行動物的數量，以及東清沙灘有無海龜上岸築巢。東清沙灘的調查爲晚間與清晨進行，紀錄有無海龜上岸，以及出現於沙灘的蛇數量。其他陸生物種的調查範圍爲涵蓋多樣棲地的蘭嶼中橫公路全線，以及多爲森林的永興農場步道，紀錄所有出現的物種與數量，以及其棲地環境。

科學誠信小叮嚀：

誠實：野外與實驗室內之紀錄要誠實且細心。

尊重：實驗時要尊重實驗動物，符合實驗動物之規範，盡量降低操作時對動物造成的不適。

嚴謹：需要細心地做實驗與資料蒐集，其後更需要詳細確認資料的正確性與分析的完整性。

課責：野生動物實驗需要遵守野生動物保育法。



研究團隊個個都是捕蛇高手!

爲了做研究，他們捕捉了28條在小八代灣海灘沒有海龜蛋可吃的赤背松柏根，將牠們跟圈養的10條蛇，進行蛋質量轉換率比較，研究團隊評估出赤背松柏根每年約取食120顆海龜蛋。



如何估算有多少蛋被赤背松柏根吃掉呢？

利用前述所估算的蛋總重量，除以每顆海龜蛋的平均重量，即可得到被吃的海龜蛋數量。

科學誠信小叮嚀：

嚴謹：需要細心地做實驗與資料蒐集，其後更需要詳細確認資料的正確性與分析的完整性。

赤背松柏根望著龜巢焦急地爬來爬去，無奈細網密布，無法越雷池一步，肚子餓得發慌，但牠也不是不知變通的呆瓜，牠知道擋土牆那邊住著許多蜥蜴，牠們的蛋也可以填飽肚子。

研究發現，海灘上蛇的數量顯著下降，而在蜥蜴居住的混凝土擋土牆及林地則明顯增加，赤背松柏根被迫改變食物選擇，取食陸生「蜥蜴蛋」。根據模型推算統計，赤背松柏根以驚人的速度，每年掠食約5,000到18,000顆在蘭嶼生活的5種軟殼蜥蜴蛋。研究印證了海龜蛋的消失，是衝擊蘭嶼島上爬行群集結構改變的驅力。

如何知道蛇因此轉換棲地呢？

迴歸分析：檢驗1997年到2020年赤背松柏根與臭青公在水泥牆、林地與沙灘的數量，是否在海龜蛋消失前後有明顯的趨勢改變。

如何知道蛇的取食有發生改變呢？

長期掠食紀錄：在前述長期調查陸生物種的同時，將會記錄觀察到的蛇鑽洞掠食蜥蜴蛋的次數，並依據蛋的大小與棲地類型判斷其物種。然後利用統計分析檢驗掠食趨勢是否在海龜蛋消失前後發生改變。

如何知道海龜蛋不可得後蛇會吃掉多少蜥蜴蛋呢？

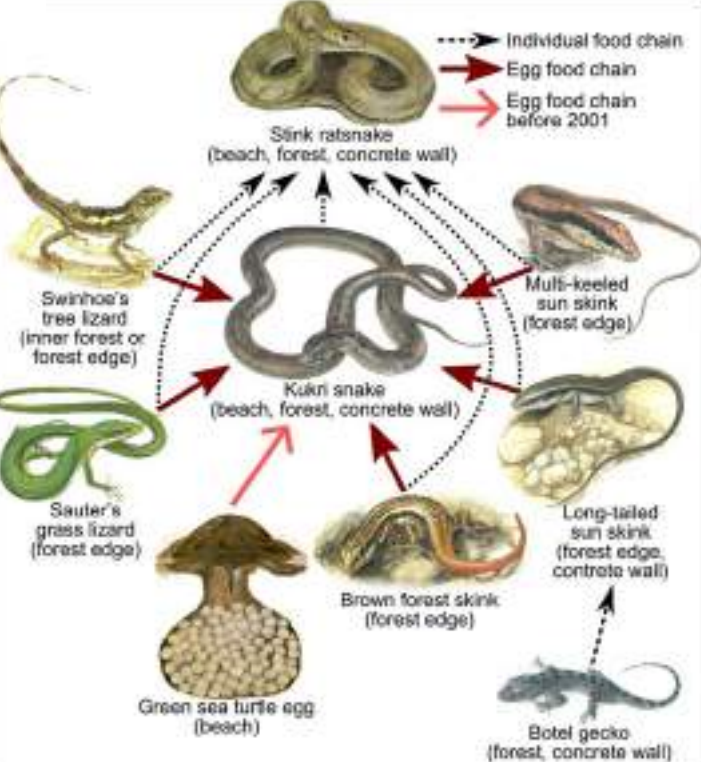
利用前述之蛇攝取的海龜蛋總重量，除以各種蜥蜴的平均蛋重，可以得到每種蜥蜴被掠食的蛋數量。

科學誠信小叮嚀：

誠實：野外調查紀錄要誠實且細心，結果呈現亦然。

嚴謹：需要細心地做實驗與資料蒐集，其後更需要詳細確認資料的正確性與分析的完整性。





科博館研究團隊經過長期的觀察，終於發現了蘭嶼蜥蜴數量不斷減少的秘密。2001年海龜蛋來源被阻絕後，蘭嶼的蜥蜴蛋被捕食的紀錄呈現明顯高峰

以赤背松柏根每年取食120顆海龜蛋的重量推算，牠轉以蜥蜴蛋取代，每年消耗的量，等量換算成梭德氏草蜥蛋多達17,589顆、或15,639個斯文豪氏攀蜥蛋、10,684顆股鱗蜥蜥蛋、8,992個多稜真稜蜥蛋、4,903個長尾真稜蜥蛋。

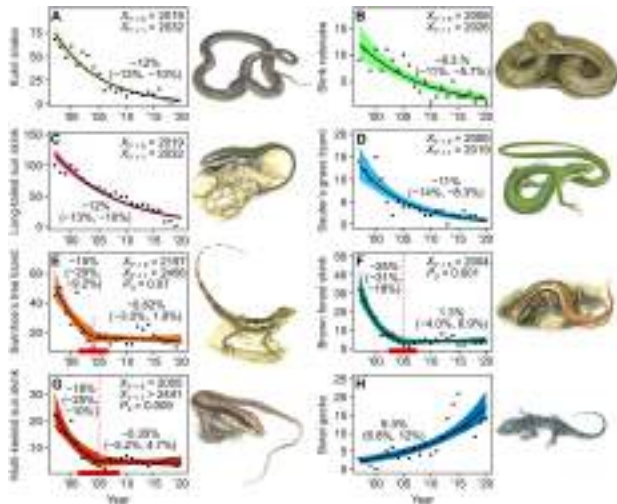
因為赤背松柏根吃了這麼多的蜥蜴蛋，也難怪蘭嶼的蜥蜴越來越少了。

蘭嶼的長尾真稜蜥爲了避免牠的蛋被赤背松柏根吃掉，母蜥因此演化出爬蟲類非常少見的親代照顧行爲，會照顧蛋直到孵化完才會離開。

一條飢餓的赤背松柏根在擋土牆上搜尋著長尾真稜蜥的巢，牠很快地發現了一個巢，頭剛一探進去，一直守在巢中寸步不離守護著蛋的母蜥，立刻兇猛地咬住了蛇，蛇、蜥互不相讓的纏鬥著，最後母愛贏得勝利，將蛇趕出洞外，母蜥繼續守護著牠的蛋。



科博館研究團隊經過統計調查，證實了海龜蛋來源的阻絕導致蛇的捕食行為發生變化。在這期間，同屬軟殼蛋的斯文豪氏攀蜥、股鱗蜓蜥跟多稜真稜蜥，族群急遽下降；長尾真稜蜥因為有獨特的親代照顧行為，梭德氏草蜥則因蛋少且分散的緣故，其數量則逐漸減少；而硬殼的壁虎蛋，因為不易受到赤背松柏根捕食，族群規模則呈現增加。




如何知道物種的族群數量趨勢呢？

回歸分析：檢驗1997年到2020年各物種的數量是否隨著時間而有上升或下降的趨勢。

科學誠信小叮嚀：

誠實：野外調查紀錄要誠實且細心，結果呈現亦然。

嚴謹：需要細心地做實驗與資料蒐集，其後更需要詳細確認資料的正確性與分析的完整性。

A person is seen from behind, standing on a sandy and rocky beach, looking out at the ocean. The waves are breaking in the distance. The sky is overcast.

蘭嶼赤背松柏根轉而捕食蜥蜴蛋的行為，造成近年島上爬行類族群崩解，甚至連赤背松柏根和捕食蜥蜴的臭青母，未來都可能面臨滅絕的風險，因此，保育策略需以更全面的角度考量，在保育綠蠵龜與島上爬行動物族群之間取得平衡。

「海龜蛋的損失導致了蘭嶼爬行動物群落的崩潰」研究案前後橫跨23年，從錯綜複雜的數據中找出決定性的科學證據，揭示「氣候變遷與人為保育海龜之間的加成作用，如何衝擊蘭嶼陸域生態系的平衡穩定」，研究結果發表於國際的頂尖科學期刊《Science Advances》，向全世界分享研究發現與想法，期望引起公眾對蘭嶼生態保育與生態平衡的重視與討論，進而促進生態永續。

科學誠信小叮嚀：

透明：科學研究應當公開分享研究成果與方法，以促進科學知識的進展，並且有助於提升公眾對科學的信任。



指導:黃文山

撰寫:林展蔚、徐國振

設計:施亦恬、林原良、陳奕廷

113年7月