

陳昭倫 (中研院 - 生物多樣性研究中心)

辛宜佳 (中研院 - 環境變遷研究中心)

建立人類世台灣珊瑚礁治理的有效典範：以綠島為例

Establishing an effective paradigm of coral reef governance in Taiwan in the Anthropocene: Green Island (Ludao) as a case study

計劃簡介：

面對氣候變遷的各項衝擊 (包括增強的熱浪與颱風) ，科學家已無法單純從觀測、收集與分析自然驅動因子去解釋地球生態系統運作機制，也導致過去依循的治理架構無從因應人類世複雜多變的各項社會情境。因此，如何將「人」為活動所產生的干擾因子納入，並與自然驅動因子產生的交互作用進行分析與管理，進而透過模式模擬的方式推導出不同氣候變遷、社會生態與可能的調適情境，作為該生態系以及與其依存的社會系統朝向可永續的有效治理典範。本計畫以綠島為研究範例，進行 (1) 觀測綠島海域環境與監測珊瑚礁生態； (2) 收集與分析使用珊瑚礁生態系的兩大經濟活動-珊瑚礁漁業與海域遊憩； (3) 評估人類活動帶來的風險及自然環境壓力所導致的脆弱性； (4) 應用永續科學前沿的越領域研究典範，透過共同設計研究計畫、共同執行研究工作、共同擴散研究，改善尺度錯置的治理體制；以及 (5) 透過系統思考工作坊、問卷設計、初步系統圖與子系統專家學者訪談等步驟整合上述自然生態、經濟活動、風險評估與脆弱度、治理體制子計畫，提出綠島環境治理的陸域與海域系統框架並進行情境模擬，探討面對氣候變遷各種可能的保育與觀光發展政策對綠島珊瑚礁生態治理的影響。

2023 年至今的研究顯示，綠島周邊海域海溫呈現明顯東北-西南分界的現象：西南面年均溫高於攝氏 27 度，夏季均溫高於 30 度，東北面則反之；珊瑚群聚亦呈現東北-西南不同：東北以石珊瑚為主，西南以軟珊瑚為主。2024 年海洋熱浪亦造成綠島珊瑚大白化，影響程度目前正在調查中。珊瑚礁經濟性魚類在供給與休閒漁業活動估算顯示，五大類目標魚種在 2022-23 年的市場價值超過新台幣 2000 萬元，而 2023 年休閒漁業活動所帶來的經濟價值約為 76 萬元，而實際捕捉的經濟性魚類一年也可達 470 萬元，這是台灣有史以來第一筆珊瑚礁漁業經濟價值與產值的估算。浮潛客對於綠島浮潛活動之評估模型顯示，人數管制、100% 可以看到 7 種物種、行前環境教育、水質能見度 40 米等四項浮潛活動管理改善項目相當偏好。評估人類活動帶來的風險及自然環境壓力所導致的脆弱性方面，已建立一個整合框架，將考

量人類活動的棲息地風險評估與考量自然環境的沿海脆弱度評估結合；繪製綠島的棲息地風險地圖及沿海脆弱度地圖，並探討人為活動與自然環境因子的熱點與相關性。而治理層級分析顯示，發現綠島日益商業化，居民變動性高，未出現有足夠動能介入治理的行動者，治理體制鬆散不全，且在時間和空間上都僅有偏向小尺度的治理措施，因此建議由本研究團隊主動發起議題討論，建立治理網絡，推動適應性治理以及多層級治理體制。以系統模型模擬初測 2020-2034 年綠島陸域社會生態系顯示，在新冠肺炎期間報復性旅遊後，遊客人數已回到疫情之前的水準，但卻驅動餐飲業快速發展，並持續穩定推升民宿業的數量，至 2028 年，將增加約 16.67%的民宿業與 62.5%的餐飲業的資產量；而 2029 至 2034 年間，隨著遊客人數的提升，餐飲業的發展約在達到 2020 年餐飲資產量的 1.8 倍穩定後趨緩，而民宿產業資產的累積則有持續增加的趨勢。相反的，綠島自然與農業資產大幅流失，2028 年將約僅剩下 2020 年的 61.1%，而綠島對外來資源投入的依賴性將進一步提高。此外，快速發展的民宿與餐飲業，將使 2028 年的氨氮、油脂與清潔劑的排放量，相較於 2022 年將提升約 14.29%，2034 年更將提升 25%。然而，這樣的排放量對綠島的珊瑚礁環境與生態的影響程度，以及在旅遊旺季後生態恢復期是否能有效恢復，仍待與海域系統連結後進一步討論。

本計畫除了將持續監測海洋熱浪與颱風等自然干擾因子對於綠島珊瑚礁生態的衝擊，同時收斂從人類活動干擾與治理、在地調適性能力為基礎建構綠島永續觀光評估架構與統合珊瑚礁生態系統價值評估等面向所得成果，回饋給整合陸域與海域系統模型進行情境模擬，擘劃面對氣候變遷衝擊下珊瑚礁治理的有效典範。

建立人類世台灣珊瑚礁治理的有效典範 -以綠島為例-



海洋熱浪



高溫、乾旱



颱風增強



經濟活動

氣候變遷

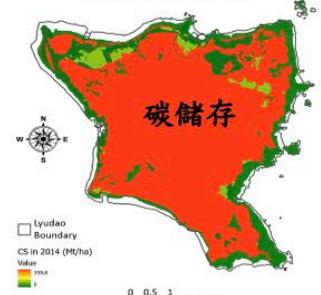
人為活動



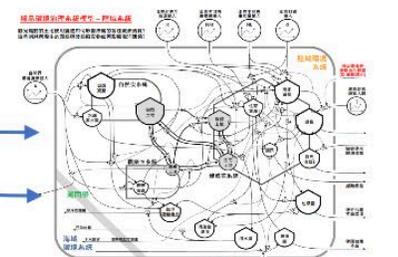
長期生態



權益關係



生態系服務



系統情境模擬

建立有效治理典範

珊瑚島嶼永續

陳昭倫 (中研院生多中心)、辛宜佳、袁美華 (中研院環變中心)、梁茂昌 (中研院地科所)、戴興盛、李俊鴻 (東華)、李俊霖 (成大)、陳韻如 (中興)、張琪如 (文化)、溫國彰 (東海)、潘述元 (台大)