

從小島觀點思考提高環境韌性的森林研究方向

張彬¹、林俊成²、王培蓉³

高風險的小島諸國

氣候變遷，島嶼國家首當其衝，成為風險最高的區位。1992年聯合國召開第1次「環境與發展會議」即指出，小島國家在面對全球暖化和海平面上升的問題上，具有極端的脆弱性。成立於1990年的小島國家聯盟(Alliance of Small Island States, AOSIS)，組織宗旨即在關切全球氣候變化與負面衝擊。1992年6月的聯合國環境與發展會議中，小島嶼開發中國家(Small Island Developing States, SIDS)被定義為一個開發中國家集團，她們共同的特點為面積小、人口少但卻日益增長、資源有限、遠離市場中心、經濟發展不利且不易形成規模經濟，主要分布在加勒比海區域、太平洋區域及大西洋、印度洋、地中海及南中國海區域，其中僅新加坡被視為已開發國家，其他國家均被視為開發中國家或最不發達國家(維基百科)。目前SIDS集團有39個國家，面積從20平方公里(諾魯)到超過45萬平方公里(巴布亞新幾內亞)，臺灣面積為約3.6萬平方公里，若與SIDS相較，面積比六個國家小，排名第七(FAO, 2005)，故小島國家的環境問題與治理經驗，對臺灣應有極高的參考價值。

依據氣候組織德國看守協會(Germanwatch)所公布2018全球氣候風險指數(Global Climate Risk Index)，依序為海地、辛巴威、斐濟、斯里蘭卡、越南、印度與臺灣(Eckstein *et al.*, 2017)^a。這份報告指出，根據過去20年

(1997~2016年)的相關資料分析，11,000多起極端氣候事件造成52萬4千餘人喪生，全世界有3.16兆美元的經濟損失。其中尤以面積小的島嶼國家受到極端氣候的影響特別大，甚至有可能因海平面上升而淹沒。因為島嶼國家的土地面積小，相對地受災比例就被放大。尤其受到極端降雨、海平面上升、乾旱或暖化引起植群變遷，所引發的災難性後果，輕易地瓦解島嶼國家的自然恢復力。報告中亦指出，臺灣高居第7名的原因是在2016年1月異常寒冷致災，同年9月遭到莫蘭蒂和梅姬颱風等強烈颱風襲擊，尤其是莫蘭蒂颱風被認為是迄今地表最強的颶風。由於小島國家對自然災害的抵抗能力較弱又過度依賴國際貿易，使得小島在社經制度也處於不利地位。

氣候變遷無疑是未來全人類存續所須共同面對的艱鉅挑戰，臺灣對氣候變遷的討論不在少數，卻極少從島嶼的角度來審視：相



島嶼多將城市與重要基礎建設設置於海岸。(王培蓉 攝)

林業試驗所·¹所長、²主任秘書、³森林經營組副研究員兼組長

同的災難等級，對小島即可能是毀天滅地的衝擊規模。本文整理小島在環境風險上的特性，並嘗試提出臺灣須正視，能提高氣候韌性的林業研究方向。

被放大的災難

根據IPCC第三次評估報告指出小島國家因地理規模容易受自然災害和極端氣候影響、經濟極度開放、適應力低等共同特點，因而使其脆弱性增加，並降低他們對氣候變化的韌性(IPCC, 2001)。IPCC在歷次評估報告均特別提及小島嶼的特殊性，第三、第四及第五次評估報告均將小島列為專章分析。這份報告很大的篇幅均涉及對森林與自然資源的嚴重威脅，對設定森林研究的優先順序極有助益，因此，本文以下針對第四次評估報告(Mimura *et al.*, 2007)及第五次評估報告(Nurse *et al.*, 2014)的摘要報告歸納整合出小島所面臨的環境風險：

- (I) 因為面積有限，易受自然災害和外部衝擊等特徵，提高島嶼對氣候變化的脆弱性。大體而言，小島的調適力較低，調適成本相對於國內生產總值(GDP)則相對較高。
- (II) 臨海的都市、聚居點與基礎設施受到海平面上升、熱帶和溫帶氣旋、空氣與海面溫度升高以及降雨模式變化，造成洪水氾濫加劇、風暴激浪、侵蝕和其他沿海災害的嚴重威脅。許多島嶼將重要基礎建設放在海岸地區，例如加勒比海和太平洋島嶼有逾半數人口居住在海岸線1.5公里範圍內；印度洋和太平洋及加勒比地區島嶼內的國際機場、道路及首都全都位於海岸或極小的珊瑚島上。因

此，海平面上升對島嶼整體的社會經濟福祉的影響甚大。

- (III) 島嶼水資源可能會遇到更多壓力。大多數小島嶼的供水有限，這些島嶼的水資源特別容易受到未來降雨變化和分布的影響。以臺灣為例，從1960~2012年期間降雨分析發現：北部與東部地區的乾旱次數減少，中南部地區卻有逐漸增加的趨勢；若以乾旱持續時間趨勢來看，北部與東部地區的連續乾旱時間在延長，西南部卻有逐漸縮短的趨勢(劉振榮, 2015)。由於暴雨難以儲存和高徑流量，不太可能彌補至冬季的短缺。在太平洋地區，到2050年預期減少10%的平均降雨量，降雨減少加上海平面上升使許多小島投資海水淡化等調適策略，以彌補當前和預期的水資源短缺。
- (IV) 氣候變化將會嚴重影響漁業、珊瑚礁和其他海洋資源。由於海平面溫度提高、海平面上升、濁度增加、過多的營養物負荷與化學汙染、熱帶氣旋的破壞，以及二氧化碳濃度升高導致漁業資源生長率下降，可能影響島嶼漁業維持、珊瑚礁和其他海洋生態系統的健康。這種影響也將加劇海岸系統的非氣候變化壓力。
- (V) 暖化造成森林裡本土種的重新配置，尤其是在高緯度地區的島嶼。過去因氣候條件對這些入侵種不利，暖化後，中高緯度島嶼絕對會被非本土的入侵物種占據。且因為熱帶島嶼的森林無法在短期內更新，若是颱風等極端事件頻繁出現，森林生物多樣性可能會受到嚴重影響，任一風暴都會產生累積性的加乘影

響，造成森林結構的長期變化。

- (VI) 維生型與商業化農業的不利影響。海平面上升、氾濫、海水向淡水的侵入，以及土壤鹽鹼化都可能對沿海農業產生不利影響。
- (VII) 氣候變化對旅遊業有直接與間接的影響，大多數是負面的影響。旅遊業是許多小島國家國內生產總值和就業的主要貢獻部門，海平面上升和海水溫度升高將加速海岸侵蝕、珊瑚礁白化與死亡。由於氾濫與洪水造成文化遺產喪失，降低海岸景觀的美感價值。雖然氣候變暖可能會降低低緯度島嶼的遊客人數，但對中高緯度島嶼卻會產生相反的影響。此外，缺水和大眾傳播疾病的激增也會阻止遊客造訪。
- (VIII) 對人類健康的不利影響。許多小島嶼位於熱帶或亞熱帶地區，當地的天氣和氣候已經有助於傳播疾病，如瘧疾、登革熱、絲蟲病、血吸蟲病，以及食物和水所傳播疾病。小島嶼所須注意的其他氣候敏感性疾病包括腹瀉、中暑、皮膚病、急性呼吸道感染和哮喘。在小島內觀察到的疾病發病率增加的原因是綜合因素，包括公共衛生習慣不良、基礎設施不足、廢棄物管理不佳、全球旅客增加以及氣候條件變化等。

從IPCC的報告裡可看出，氣候變遷對小島的影響有很大的可能是全面、立即、短期且累積的挑戰。面對颱風與強降雨的威脅，對一般國家可能只會造成部分損失，對小島國家卻是全國性的災難。災害損失相對於國內生產總值最高的國家中，三分之二是小島

嶼國家，年均損失在GDP的1%至9%之間(Kreisberg *et al.*, 2018)，因此小流域的森林治理與水土保持成為當務之急。外來種入侵方面：若是發生在大陸地區尚可進行區域性預防控制，但在島嶼因面積太小，甫經發現幾乎已遍及全島。對森林的生物多樣性的衝擊：由於世界上10萬座島嶼擁有已知植物物種的16%，這些小島特化的物種種類繁多但都數量稀少，環境異常將加快這些島嶼稀有物種滅絕的速度(FAO, 2005)。海平面上升：立即大幅縮小土地可利用面積，人們必得往內陸與高處遷徙，加劇了與林地間的用地競爭。

上述課題也反映出島嶼在氣候變遷問題的重要性，面對各種可能的氣候情境，某些島嶼的生態系統可能是世界上對氣候變化最敏感和最脆弱的生態系統，因此可成為檢測全球暖化的重要參考點。另外，正因島嶼對環境衝擊與改變的敏感性高，使之成為暖化對策的最佳試區。也因此，許多SIDS成員已採取多重科學評估方法做為制定公共政策與設施的依據，例如：馬紹爾群島的伊拜(Ebeye)島採用地方級多災害風險評估來模擬整個島嶼的洪氾、侵蝕和海平面上升的影響，以及預防方案的有效性；依賴進口的吐瓦魯，從波浪模式到長期氣候展望來確定建設該國第一個港口的最佳地點；斐濟的第一個氣候脆弱性評估試點能用於制定該國氣候變化調適與災害風險管理的國家級策略。這些技術得以廣泛應用外，更能協助其他島嶼國家，甚至及於大陸沿海地區均能納入參考(Kreisberg *et al.*, 2018)。正因此，臺灣森林研究已累積且正執行的長期監測資料及研究成果，能做為臺灣永續發展的重要基石，更能對全球做出重要貢獻。

小島林業的國際倡議

小島國家在全球氣候變遷的衝擊下，森林除了生產木材外，扮演著減緩海岸線倒退、提供日常生活物資、維持生態平衡等重要角色。1999年3月12日聯合國糧食與農業組織(FAO)召開小島國家農業部長級會議，討論基礎建設發展、全球貿易變化、農業、漁業需求與自然資源永續管理等5個領域，並擬議了土地、水和林業資源可持續地管理及環境保護的行動計畫，該計畫與林業相關之目標有6項：促進永續自然資源保護、加強環境保護、改善防災措施、加強國家制定農林漁業政策的能力、強化農業支援服務及提供永續自然資源管理與環境保護架構。本文以該計畫6項與林業相關之目標舉出各國實施的具體案例，說明小島國家在林業上的韌性治理策略：

一、促進永續自然資源保護：重視生態系統與經濟之間的聯繫，強調森林與海岸生態系統連結、水土保持、海岸保護和保存生物多樣性等的各種功能，並確保森林合理伐採、鼓勵種植混合林，以防止病蟲害、風災侵襲、土地退化並保護國土。

千里達(Trinidad)和托巴哥(Tobago)政府發展漁業永續經營管理，在創造新的就業機會、改善生活品質與發展旅遊的同時，保持珊瑚礁與紅樹林提供的天然海岸防禦，管理垃圾處理以保護環境。菲律賓在2014年海燕颱風後，基於紅樹林對抵禦氣候衝擊的顯著效果，FAO與當地居民合作恢復天然紅樹林；在恢復當地生計方面，則投入多種葉菜、塊根與水果等以生產更多樣化的作物，以取代



紅樹林是重要的海岸守護者。(王培蓉 攝)

重建原有椰子產業的作法。

二、加強環境保護：重視環境監測基礎及法規制訂，將環境價值和環境影響融入發展過程；在可接受範圍內參與生物多樣性公約、京都議定書與聯合國氣候變遷框架等國際公約，並制定國內法以實施公約規範。

萬那杜共和國(Vanuatu)憲法規定每個人都須為了當代和下一代的利益，保護國家的資源和環境，並致力於參與國際或區域協議、締約。以外來種防治為例，該國1993年簽署生物多樣性公約，防止引入並控制外來種數量與範圍，甚至最終移除；1997年通過植物保護法，針對特定有害物種到農村社區進行宣傳，社區如有發現特定有害物種，可向地方機關或檢疫辦公室回報，以管理、監測有害生物並防止入侵。印尼與東帝汶，則有社區自行訂定禁止居民砍伐樹木與採集石材的規定，以預防山坡地滑與沿海地區的洪水危害，同時也加強了社區內的凝聚力及對環境的尊重，使社區更能適應氣候變遷。

三、改善防災措施：制定災害防治與調適策略，採取措施減少可能的自然災害、氣候變遷、森林火災和病蟲害及其影響。



被ISSG列為世界百大外來入侵種之一的毛野牡丹藤 (*Clidemia hirta*)，在台灣中南部山區已有採集與分布紀錄。(林仁瀚 攝)



本所於臺東金崙溪出海口新植海岸林。(王培蓉 攝)

小島國家的主要防災策略以維護紅樹林與植樹造林，防止土地退化為主。印尼的亞齊(Aceh)傳統上會種植不同樹種的海岸林，與原生紅樹林做為緩衝區，保護稻田與房屋，並以傳統資源管理規範來維護保護區。另一個例子則是透過觀察天氣與野生動物行為等在地知識，結合科學詮釋，承認社區適應氣候變遷的特殊能力。例如菲律賓萊特島(Rapu-Rapu)與印尼亞齊(Aceh)，傳統認為海中傳出惡臭代表颱風與風暴接近；菲律賓的拉普拉普(Lapu-Lapu)則以魷魚連續跳出水面、海蛇快速移動與螃蟹從陸地爬上樹，來預測颱風與風暴。

四、加強國家能力：加強國家制訂與分析農、林、漁業政策的能力，評估世界貿易組織政策變革對其之影響。

東加王國(Kingdom of Tonga)的農業占整個國家的GDP 30%、出口額的三分之二，2014年FAO協助建立了食品法及食品監管系統，強化各政府機關間協調與合作，並建立食品檢驗與認證機制，維持食品安全與質量，以保護消費者並促進與他國間的公平交易。

五、強化農業支援服務：發展非傳統商品生

產的貸款機制、建立公私部門參與的聯合行銷服務、強化有關機構工作及其與外資援助計畫的聯繫。

2017年FAO協助清除加勒比海11個小島國家，共319公噸的問題農藥(假的、瑕疵品與違法農藥)，並促進使用無毒無害的替代品來控制農作物中的病蟲害，提供更安全與友善環境的生產方式。薩摩亞(Samoa)的馬諾諾島(Manono)則是由農業部、漁業部和FAO合作，幫助當地居民了解蔬菜生產原理與技巧，提升當地農民的管理能力與生產力，並增加當地青年的就業機會，降低失業率。

六、提供永續自然資源管理與環境保護架構：包括土地、水和森林資源在內的自然資源管理、氣候變遷、土地退化、生物多樣性與野生動植物保育等，需要綜合治理的法律實施，以減少各部門間衝突與卸責，並停止毀林、過度捕撈與使土地退化的農業活動，充分利用當地居民的知識，建立相關資料庫、資訊系統，並協助各地區能共享支援與技術。

雖然島國的差異相當大，各面對不同的問題點，但小島國家聯盟代表了28%的開發中國家，以及20%的聯合國會員總數，在國



混農林作業可提升農林生產、保存生物多樣性，具有重要的經濟意義。(王培蓉 攝)

際事務的發言權占有一席之地(維基百科)，因此小島國家的整合能發揮加乘的效果。由於小島常淪為氣候異常的受害者，在SIDS的聯手下，促成聯合國提出氣候基金，從擬定計畫、協助經營管理及財務資助來協助這些國家面對氣候變遷。2003年至2016年分布在三個地區39個SIDS，從專用氣候基金獲得了10.85億美元，主要來源為氣候韌性領航計畫(the Pilot Program for Climate Resilience, PPCR)及最不發達國家基金(the Least Developed Countries Fund, LDCF)(Watson *et al.*, 2016)。

除了國際基金外，國與國間及區域型基金與合作亦不在少數，如美國官方資助的The Western Forestry Leadership Coalition (WFLC) 與The Council of Western State Foresters (CWSF)等非營利組織亦提供部分太平洋島國森林生態、地景及資金等相關援助，並建立其與大陸間的溝通平台。大量的國際、雙邊和多邊金援突顯岌岌可危的小島處境。

提高韌性的臺灣林業研究

近年來小島國家積極鼓勵島民維護紅樹林與新植海岸林、復育本土樹種維持生態平衡、穩固土砂以減緩海岸線後退等方式，或是結合當地居民傳統知識與科學來適應氣候變遷，以減輕災害帶來的損害，積極為適應氣候變遷而努力。但是位於東亞島弧鏈上的臺灣，卻極少以島嶼思維來看待氣候變遷對自身的影響。因此，或可借鏡小島國家的各項措施，納入林業試驗的研究議題之中：

- 一、復育海岸樹種及海岸林保育：紅樹林帶能有效防止颱風、風暴、潮汐、暴潮以及害蟲和外來昆蟲的侵入，並降低海嘯的危害，還可做為動植物生產力的養分匯，穩定土壤與木材來源；海岸林能發揮重要的生態作用，亦是瀕危物種的棲息環境，提供重要的生態系統服務。目前海岸樹種與海岸林因人類過度開發、海岸線侵蝕、海岸環境條件的改變等，受到嚴重的威脅壓力，也應積極營造並維護管理海岸林。
- 二、結合地方意識的環境保護策略：由於氣候變遷造成溫度急遽變化，動植物、入侵種、特有種棲地及病蟲害的分布與擴

散，都有遠過去累積的經驗，亟需制訂合適的策略來防治外來種入侵、保存生物多樣性及具有社會經濟重要意義樹種的遺傳資源。例如許多森林藤類是重要的民族植物，因森林開發與濫採，部分物種的自然分布日漸稀少，亟待復育。

三、透過混農林業保障農業生產與居住空間：保護、強化與永續利用森林資源對保障糧食安全有直接重要性，混農林業可改善土質、水資源循環，並將部分收入的需求從農業移轉至林業；在都會空間，以營造景觀、舒緩壓力而設置的行道樹與都市林，是永續城市的必要基礎建設。在都會區、農業區內，保護、強化與永續利用森林資源的同時，也是營造適宜居住空間、保障糧食安全、提高不同地景的生物多樣性的重要策略。

四、長期政策規劃奠定林產業永續發展：由於島嶼的規模小，易造成的經濟條件限制、公共管理和基礎設施成本很高，且國內市場狹小，出口量有限，難以建立有競爭力的林產業。而臺灣森林覆蓋度達60%，但木材需求卻倚賴大量進口，木材自給率不到1%，近年國內林業政策強調應永續且合理利用林木、提升木材自給率，兼顧環境保護與經濟產業。另則著重非木材林產物(non-timber forest products)的發展，如加值型木文創商品，精品化的觀賞、氣味、保健型森林相關產品，及鼓勵社區型森林生態旅遊產業。

五、保護生產系統的森林鑲嵌地景：發展里山地景的複合式農村生態系，以永續利用的方式來管理土地、森林和自然資

源，兼顧農業生產、環境保護與生物多樣性保存。

六、制訂國家級永續森林與自然資源保育架構：由於對微氣候和森林變化的特殊敏感性，島嶼為全球氣候變遷的重要監測點(listening posts)。臺灣自1992年推動長期生態研究計畫，林業試驗所藉由長期研究福山動植物的生態模式，進而了解臺灣森林生態系的變遷，對全球生態資訊網路持續提供重要的地域資料。這些長期監測資料對研擬國家森林與自然保育政策架構，具有不可或缺的重要性。

國際小島國家聯盟，正積極為氣候災難而努力。身處島嶼的臺灣，雖然不屬於小島國家一員，也深受氣候變遷的衝擊與影響。林業可協助促進永續自然資源保護、環境保護、改善防災措施、農業支援等面向的韌性治理策略，身為臺灣唯一官方林業研究機構，須能透過科學方法，縝密的試驗規劃，累積準確充分的觀測資料，在堅實的研究成果的支持下，提供主管機關制訂有效的林業政策與階段性調適策略，方足以朝向人類永續發展、保障生命財產安全及社會穩定的願景。♻️

(參考文獻請逕洽作者王培蓉，e-mail: pjwang@tfri.gov.tw)

^a 在2019年12月出版的GLOBAL CLIMATE RISK INDEX 2020，臺灣在CRI的排名已大幅下降至75名，這個排名的劇烈變動，適可說明氣候風險的不可預測性。