

融入基於自然的解決方案(NBS)強化國家氣候行動計畫內涵

◎林業試驗所主任秘書室·林俊成(ljc@tfri.gov.tw)

◎林業試驗所林業經濟組·詹為異、徐韻茹

前言

氣候變遷是現在及未來的主要挑戰之一(FAO, 2016)，海平面上升、極端溫度、洪水、乾旱和暴風雨正在威脅著城市生活的基礎(UNECE, 2020)。聯合國氣候變遷綱要公約第21屆締約國大會(UNFCCC COP21)通過的《巴黎協定》(Paris Agreement)，已有196個國家簽署並得到185個國家的批准(截至2019年9月)，該協議要求所有締約國以向《氣候公約》傳達的「國家自主貢獻」(Nationally Determined Contributions, NDCs)的形式列出其2020年後的減緩和調適行動及目標，每五年修訂一次。《巴黎協定》呼籲將全球溫度的上升幅度限制在低於工業化前的2°C以下，並希望將上升幅度限制在1.5°C以下。為了實現《巴黎協定》的目標，呼籲各國根據國家自主貢獻計畫表示的自願承諾，在各自能力範圍內為減排做出貢獻(FAO, 2016)。

隨著政府、國際組織和其他權益關係人尋求與生態系合作的方式，「以自然為本的解決方案」(Nature-based Solutions, NBS)的理念最早出現於2008年世界銀行釋出的報告——《生物多樣性、氣候變遷和適應：來自世界銀行投資的NBS》，強調保護生物多樣性對氣候變遷減緩和適應的重要性(TNC, 2019)。透過與自然合作解決氣候變遷的驅動因素和影響，而不是僅僅依靠傳統的工程或「灰色」解決方案(例如防波堤、堤防和灌溉基礎設施)來應對社會挑戰。根據國際自然保

護聯盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)對NBS的定義為「保護、永續管理和恢復自然或經修改的生態系的行動，這些行動可以有效和適應性地應對社會挑戰(例如氣候變遷，糧食和水安全或自然災害)，同時提供人類福祉和生物多樣性好處」，在解決氣候變遷的原因和後果方面都可以發揮至關重要的作用(Seddon *et al.*, 2019)。NBS是生態系的養護、管理和恢復干預措施，可應對各式各樣的社會挑戰，同時也有利於生物多樣性和增進人類福祉。近年來已成為減少溫室氣體排放和增強對氣候變遷影響的適應力的重要工具(Martin *et al.*, 2020)。因此，本文透過對NBS內容的研析從而找出林業部門國家氣候行動計畫的貢獻。

NDCs & NBS

NDCs為實踐《巴黎協定》的主要工具，即各國衡量自身能力與經濟發展狀況下訂定合理的減碳目標，體現了各國為減少國家排放和調適氣候變遷的影響而做出的努力。據統計，在2020年前提高NDCs可避免每年因空氣污染導致的70萬人死亡；而從碳定價的收入以及減少化石燃料補貼中可獲取將近2.8兆美元；可增加女性就業機會；增加6,500萬額外的低成本工作機會；以及2030年前超過26兆美元的經濟效益(楊思華&鍾靜儀, 2019)。

許多國家在其NDCs中闡明了廣泛的「以自然為本(Nature-based)」或「以生態系為導向(ecosystem-oriented)」的減緩和調適遠景，



圖1 NbS與傳統解決方案(Fang, 2019)

並提出了一系列「綠色」行動和目標以實現這些遠景(Seddon *et al.*, 2019)，以自然為本的解決方案/綠色基礎設施逐漸成為傳統方法的替代方案或有益補充(圖一)(Fang, 2019)。這些行動主要涉及生態系或以自然為本的農業實踐的管理、恢復和保護。最近的研究顯示，NBS可以提供在2030年將暖化穩定在2°C以下所需的約30%的成本來促成有效的減緩措施，且至少有66%的《巴黎協定》簽署方以某種形式包含NBS，以幫助實現其減緩氣候變遷和(或)調適目標(Seddon *et al.*, 2019)。

在168個NDCs中，有130個國家將 NBS優先行動或目標以某種形式作為減緩和(或)調適措施的一部分(IUCN, 2020a)，相當於巴黎協定簽署國的66%(Seddon *et al.*, 2019)。三分之二的NDCs指出，生態系對氣候變遷很重要，但也易受到氣候變遷的影響，在易受氣候變遷影響的5個領域中，生態系僅低於糧食和水安全，但高於漁業、能源和運輸(Seddon *et al.*, 2019)。生態系的保護是大多數(63%)NDCs宣布進行調適計畫的動機，也是最常提及的調適計畫預期結果之一(Seddon *et al.*, 2019)。認識到生態系對於減緩和調適氣候變遷的重要性且具有更廣泛的社會價值，《巴黎協定》在公約

中的序言表明「溫室氣體碳匯和貯存庫的保存及增加之重要性」，其中包括「生物量、森林和海洋以及其他陸地、沿海和海洋生態系」。

為了將NBS整合到NDCs中，世界自然基金會(World Wildlife Fund, WWF)認為應確保3項措施包括：(1)提供可衡量的氣候變遷調適及緩解結果；(2)同時為人類發展和生物多樣性帶來共同利益；(3)管理會對自然有效性產生破壞的潛在氣候風險(WWF, 2020)，和8項建議：(1)優先考慮使用自然資源來減緩和調適氣候變遷；(2)設定可衡量且有時限的數字目標(如，已利用的生態系公頃數，碳吸存增加之受益人數)；(3)利用自然生態系來提高生物多樣性的效益，以及從保護區得到的氣候效益；(4)探索所有可以提供氣候效益的生態系類型—濕地、森林、紅樹林、珊瑚礁、草原、作業區、都市地景；(5)確認和管理威脅到NBS的長期可行性的氣候風險；(6)整合其他國際公約和相關國家承諾的政策，以達成氣候調適和減緩之效益；(7)確保遵守社會和環境保障措施，並將社區參與和諮詢納入NBS的開發和管理中；(8)提供目標所需的技術和財務支援(WWF, 2020)。

NBS重要性與實施步驟

為幫助各國政府確定潛在的NBS，以具有成本效益及多種共同利益方式，來增強減緩氣候變遷和調適之行動，聯合國環境署(UN Environment Programme, UNEP)亦整理出以下7個步驟協助各國努力增強其現有NDCs的穩定性：(1)建立國家溫室氣體估算環境；(2)確立審查國家法律和體制框架中現有的NBS；(3)確實審查當前NDCs中的NBS；(4)估算現有

NBS對氣候變遷的減緩和調適潛力；(5)交叉比對NBS途徑與現有可衡量的NBS，並利用空間數據識別並增加NDCs的機會；(6)將可衡量的NBS整合到NDCs；(7)改善或創造有利條件，以支持將NBS納入NDCs(UNDP, 2019)。

政府間氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)確定了20種自然氣候途徑的氣候減緩潛力，如圖二所示(UNDP, 2019)。各國可以考慮將其與自己的行動比較，以了解在何處需要加強現有NDCs來提高減排目標的機會，這個過程有助於將NBS納入NDCs，以增強減緩氣候變遷和調適氣候變遷的潛力(UNDP, 2019)。

世界銀行組織(World Bank Organization, WBO)規納了NBS必須取代傳統解決方案的要

點，例如，現有的基礎設施沒有準備好應對氣候變遷的挑戰；需要新一代的基礎設施項目來滿足水安全和發展的需求；綠色基礎設施為解決全球基礎設施融資缺口創造了新機會；僅靠傳統的灰色基礎設施無法在應對氣候變遷的同時提供滿意的服務，而自然系統可能有助於清淨供水、防洪和抗旱；透過整合綠色基礎設施和灰色基礎設施，讓自然發揮作用，可以達到經濟、社區和環境三贏的目標(WBO, 2019a & Fang, 2019)。為解決未來都市淹水的問題，有學者認為可以透過生態滯留區、人工濕地、公園與綠地等開放空間、透水性鋪裝及綠色屋頂等NBS解決；面對河水氾濫等問題，WBO亦建議可由河床和生態護岸、內陸濕地、上游林地及洪氾區和

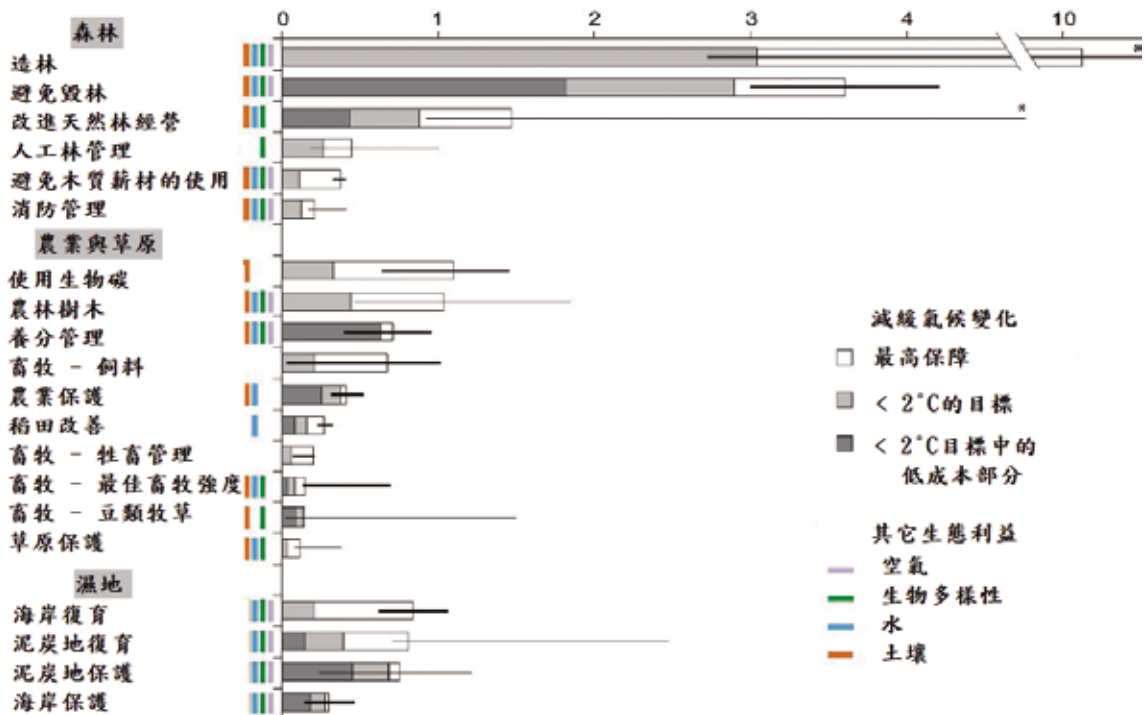


圖2 20種自然氣候途徑的氣候減緩潛力(UNDP, 2019)

分流等NBS改善(Fang, 2019)。

Fang(2019)認為NBS的實施應有5項原則：系統尺度的視角、針對各種方案展開風險和收益評估、效益評價標準化、結合生態系的保護和修復及調適性的管理等。其建議之實施步驟為：(1)定義問題、項目範圍和目標；(2)制定融資策略；(3)進行生態系危害和風險評估；(4)制定以自然為本的風險管理策略；(5)預估成本、收益和效果；(6)選擇並設計技術方案；(7)實施和建造；(8)監測並啟發未來實踐。

Seddon等人(2019)亦對NbS的實施提供了以下建議：(1)在全球建立對生態系減緩氣候變遷和調適的重要性的基礎上，將NBS充分納入未來的NDCs中；(2)將NBS納入各種自然生態系中；(3)加強應對氣候變遷調適和減緩以及支持永續發展和生物多樣性保護的NBS行動；(4)在NDCs和相關的國家實施計畫中納入可評估的國家NBS目標；(5)使NDCs與其他相關的國家計畫和國際程序保持一致；(6)調動NBS資金以應對氣候變遷；(7)在修訂或新的NDCs中包含與NBS相關的關鍵資訊，可更有系統地對自然生態系進行追蹤監測，尤其是氣候變遷對生態系的影響、生態系依賴性、NBS行動如何有助於減緩工作、NBS行動如何解決氣候變遷的特定脆弱性、生態系中的一系列NBS行動、減緩行動的調適協同作用和相關利益，和穩健的NBS目標。

林業部門之氣候NBS應用

林業部門的氣候解決方案也有助於實現聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)，例如消除貧困和飢餓，確保水的供應和減少災害風險。國外亦有學者認為各

國可以採取以下步驟來確定森林部門中提高NDCs的機會和選擇：(1)建立將林業部門解決方案納入NDCs所需的體制安排和夥伴關係；(2)透過評估這些國家已提交的NDCs的範圍以及已實施的林業部門行動和政策，總結迄今為止的進展情況，以確定列出林業部門行動的當前減排潛力，以減少溫室氣體的排放量；(3)審查長期目標，包括與《巴黎協定》的溫度目標以及其他相關國際程序和國家承諾的目標相一致的全球森林部門溫室氣體減排途徑；(4)確定減少排放及增加碳吸存的政策措施，並與國家優先事項和發展目標保持一致，以朝著實現《巴黎協定》目標所需的全球目標邁進；(5)評估政策措施的收益和成本；(6)確定如何具體呈現NDCs中的林業部門解決方案。(Sato, Langer, & Stolle, 2019)。

一、透過人工林進行減排

因為全球暖化的關係，世界各地的氣候變遷不斷，其影響亦加劇；氣溫升高、氣候變遷無常、降雨模式改變及自然棲息地遭到破壞而導致生物多樣性的減少，而天災如洪水、乾旱和熱浪等發生的機率亦越頻繁。因為氣候危機正在威脅人類福祉和糧食安全，並使貧困現象進一步惡化，聯合國於2019年6月指出，全球需要創造條件以實現「人與自然和諧共生」(聯合國網頁資料，2019)。基於NBS的概念，2017年大自然保護協會(The Nature Conservancy, TNC)聯合了15家研究機構的專家團隊提出了一套「自然氣候解決方案」(Natural Climate Solutions, NCS)，其中一項研究顯示，到2030年，透過增加森林面積、改善土壤健康、及紅樹林和泥炭地保護

等以自然為本的方式，可以幫助全球每年減少約113億噸的減排。

減排是NBS及NCS的主要目的之一，而森林在低碳經濟扮演著重要的角色，森林和林產品在減緩和調適中有關鍵作用，這不僅是因為它們作為碳匯和排放源的雙重作用，還因為更廣泛地使用木產品來替代強度更高的化石燃料產品(FAO, 2016；TNC, 2019)，且森林在水土保持中也保有作用，故森林在NBS中有舉足輕重的角色。2017~2019年，隨著各國以更好地政策與氣候目標保持一致，全球碳定價計畫的數量有所增加，使現有系統得到增強。但是，我們離實現《巴黎協定》目標所需的距離還很遙遠(WBO, 2019b)。而向UNFCCC提交INDCs的國家中，有70%以上的國家將森林列入減緩計畫，其中許多國家也認識到森林在調適中起的作用。減緩潛力和成本因活動、地區、系統邊界和時間範圍的不同而有很大差異。造林/再造林(Afforestation / Reforestation)提供最佳的減緩方案，因為它的時間短且易於實施。而減少森林砍伐、森林管理和森林恢復也具有好的減緩潛力(FAO, 2016)。透過一系列的行動，已開發國家和開發中國家的森林都有減緩氣候變遷的潛力。雖然在已開發國家，特別是歐洲和北美，荒地可以透過植樹造林和再造林來提供較大的減緩潛能，而減少開發中國家因森林砍伐和退化而產生的排放量也是一種極具成本效益的選擇(FAO, 2016)。巴西承諾在2030年恢復1,200萬公頃的森林，俄羅斯的目標是透過永續森林管理，在2030年排放量將比1990年降低70-75%；印度的目標是透過增加森林覆蓋率，將其碳匯從25億

噸二氧化碳當量增加到30億噸二氧化碳；中國大陸的目標是從2005年開始將森林蓄積量增加至45億立方公尺，直至2014年已達22億立方公尺(Seddon *et al.*, 2019)。

人工林有助於減輕天然林的壓力，使非洲的伐砍量減少約20%、中美洲減少23%及歐洲減少33%(全球平均為-26%)，來維持自然地區的生態系服務(Masiero *et al.*, 2015)。人工林經常提供非木材林產品(Non-Timber Forest Product, NTFP)，並帶給社會、經濟和環境許多效益；確保飼料、野生動植物棲息地、流域和土壤保護、娛樂場所、美觀和生態條件形成任何其他森林服務，包括碳吸存(Masiero *et al.*, 2015)。木材能源佔全球碳排放總量的7%(FAO, 2016)。在29個國家中，尤其是非洲，木材能源佔所有能源消耗的一半以上。固體生物燃料(主要是木材)構成最大的可再生能源，佔全球可再生能源供應的69%。全球森林中的木材燃料約佔初級能源總供給(Total Primary Energy Supply, TPES)的6%，大約三分之二來自薪柴和木炭，三分之一來自森林加工業(FAO, 2016)。顯然，如果採用碳價，木材能源將比化石燃料更具競爭力，在擁有大量森林資源和現有燃煤發電廠可以混合燃燒木質生物質的地區，使用現代木材能源有望在經濟上成為可行的方法(FAO, 2016)。現在人工林約佔全球森林面積的6-7%，覆蓋約2.64億公頃，自1990年代以來，所有地區的人工林都在穩定增長(Masiero *et al.*, 2015)。

人工林不僅在種類、位置和大小上都存在很大差異，從主要的保護功能到專門的木材生產，儘管許多人和幾項研究表明，人工林通常被認為是天然林的較差替代品，但是與農業



圖3 人工林為氣候問題的重要解決方案之一(詹為異 提供)

和其他形式相比，人工林在提供各種生態系服務、土地使用情況或天然林退化時可以發揮重要作用(Masiero *et al.*, 2015)。人工林在自願碳市場中也發揮著核心作用：儘管與2011年相比，造林/再造林的市場份額已大幅下降，並且減少了毀林和森林退化(Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD)項目的排放，但它們仍然是最大的交易林(Masiero *et al.*, 2015)。

二、森林地景恢復

波昂挑戰(Bonn Challenge)的2030年目標是將3.5億公頃的退化和森林砍伐土地恢復原

狀。在168個NDCs中，有61個國家參與了波昂挑戰，其自願認捐共2.0578億公頃(IUCN, 2020b)。波昂挑戰涵蓋的森林地景恢復(Forest Landscape Restoration, FLR)是指樹木和其他木本植物自然存在的地景，即跨越幾種陸地生態系類型，包括但不限於森林、紅樹林、泥炭地和農業地景(IUCN, 2020b)。FLR作為一種NBS，旨在恢復退化和森林伐砍的地景，並透過蓬勃發展的多功能生態系帶來生態、氣候、社會和經濟利益(IUCN, 2020b)。FLR可透過在地景方面包括造林、農林業、永續的森林和土地管理和森林保護的相互作用反應增加碳匯和溫室氣體排放(IUCN, 2020b)。

FLR還提高了生態系的調適能力，增強抵禦能力，並減少陸地生態系對氣候變遷的脆弱性(IUCN, 2020b)。在168個NDCs中，有130個(77%)具有FLR指標的定量及定性目標。但是，只有50個國家/地區(30%)的減緩和調適目標達到FLR指標，即5,700萬公頃(IUCN, 2020a & 2020b)。FLR的6個原則為：(1)專注於地景：FLR橫跨之地景並非單個景點。在此規模中，可優先平衡生態、社會和經濟等事項；(2)維護和增強地景內的自然生態系：FLR不會導致自然生態系的轉換或破壞，它增強了森林和其他生態系；(3)吸引權益關係人並支持參與治理：FLR的積極參與包括脆弱群體在內的不同規模的權益關係人；(4)使用多種方法來調適當地情況：FLR利用科學、最佳實踐以及傳統和本地知識，採用適合當地情況的各種方法；(5)恢復多種功能以實現多種收益：FLR旨在恢復多種生態、社會和經濟功能，並產生一系列有益於多個權益關係人群體的生態系商品和服務；(6)監管調適以實現長期彈性：FLR試圖在中長期內增加地景及其權益關係人的彈性(IUCN, 2020b)。

結論

隨著氣候急速驟變，NBS的發展刻不容緩。雖然有66%的《巴黎協定》參與國以某種形式將NBS納入其減緩方案，但僅有約17%的NDCs目前有或計畫採取涉及NBS的調適行動(即基於生態系的調適)來設定可量化且可靠的目標(Seddon *et al.*, 2019)。據估計有70%以上的NDCs提及森林，但其中只有20%包括可量化的目標，只有8%包括以二氧化碳當量表示的目標，且所有「低收入」

國家目前在其NDCs中都更加重視NBS行動，而高收入國家只有27%，可能是因為後者將NBS隱含而非明確地包含在NDCs中(Seddon *et al.*, 2019)，且目前大多數國家採用的策略均忽略了「社會-生態系統」(Socio-Ecological System, SES)的環境方面(Accastello, Blanc, & Brun, 2019)，這表示各國在未來的NDCs中加強NBS的作用仍然具有巨大的潛能。2020年聯合國《生物多樣性公約》第15屆締約方大會(CBD COP15)於中國召開。作為一次具有里程碑意義的大會，CBD COP15討論確定2030年全球生物多樣性保護目標，制定2021-2030年全球生物多樣性保護策略，中國也提出2020年後全球生物多樣性框架方案。隨著中國政府重視程度的提升和各項研究的深入，對氣候變遷、生物多樣性和NBS的融合思考也必將得到不斷加強，人們將更加關注森林和地球生態系在氣候變遷中的作用。我們需要進一步推廣類似的解決方案，維持並推動國際社會實現並超越《巴黎協定》中所做出的承諾。大自然是寬容的，只要我們給它一個機會，它就能夠幫助我們能更好地於2030年之永續發展目標轉化為現實。♻️