

我國自然碳匯推動規劃

行政院農業委員會 林昭吟

壹、前言與現況

臺灣 2050 淨零轉型路徑規劃以能源、產業、生活與社會等四大策略，透過各種技術開發將能源去碳化、調整產業結構及社會生活型態等進行溫室氣體減量，最終尚難以削減之溫室氣體，則可透過自然碳匯之碳移除量進行抵減。依據最新一期 2020 年國家溫室氣體清冊報告統計，農業部門溫室氣體排放量約為 632 萬公噸二氧化碳當量，換算約占全國排放量之 2.3%；而林業部門碳匯量約可吸收 2,190 萬公噸二氧化碳，約可抵減全國排放量 7.6%，惟自然碳匯領域不僅止於森林，尚有土壤碳匯及海洋碳匯領域可貢獻於移除國家溫室氣體總排放量，有效助攻國家淨零排放政策，以期於 2050 年達成淨零排放目標。

其中「自然碳匯」為國家推動淨零轉型十二項關鍵戰略中第九項關鍵戰略，「碳匯」(carbon sink)泛指自然環境中可固定及吸儲二氧化碳的載體，自然界生態系統十分多元，常見自然碳匯碳庫如森林、草原、濕地、沿海及海洋生態系統（如紅樹林、海草床、鹽沼等），甚至城市綠地，包括種植園和農業農場在內的管理土地，都可為視為碳匯源且可吸收大量排放的二氧化碳，將碳固定於海洋、土壤、岩石與生物體中。各種碳匯儲存或固定碳的能力都不相同，普遍認為海洋、土壤與森林是地球上主要的自然碳匯潛力領域，這三大潛力領域均可有效捕捉大氣中二氧化碳，並將碳儲存或固定住，其負碳能力於減緩氣候變遷扮演重要角色。

惟目前我國國家溫室氣體清冊報告僅於《土地利用、土地利用變化及林業部門》章節中盤點收納森林碳匯資料，因尚未依我國環境條件建立相符之可監測、報告、驗證（MRV）機制，缺乏前開基礎碳匯量盤點及每年變動量等資料估算，爰我國土壤、海洋及濕地等重要碳匯量資料尚未收納入國家溫室氣體清冊報告，因此為瞭解國家整體實際碳匯變動量、可抵減的排放量，以精準評估未來是否可達國家淨零目標，將透

過本戰略行動方案執行相關工作，健全我國自然碳匯清冊資料之完整性；另一方面，期透過增加森林、土壤、海洋之碳匯潛量，發展綠色商機，增加農友及產業利害關係人之收益。

貳、策略規劃

自然碳匯推動主要依森林、土壤及海洋等三大潛力領域進行規劃。因自然碳匯工作高度仰賴技術突破，依據國際各項報告與共識顯示，若僅依賴現有技術，全球將難以於所定期限達到淨零排放目標，為確實落實自然碳匯各項措施，亟需投入大量資源取得科技創新突破，爰於前期階段（2030年前）積極推動相關科研工作，規劃全面盤點現有政策及法規，以增加碳匯為目標思維，審視調整所定工作之可行性，期透過科技研究及產業輔導等多管齊下的方式，創建一個鼓勵農民及相關產業投入之永續環境，推動說明如下：

一、森林碳匯

森林碳匯俗稱綠碳，我國以「增加森林面積」、「加強森林經營」、「提升國產材利用」及「強化森林碳匯相關技術科技研發能量」為森林碳匯路徑之推動策略架構進行推動：

（一）增加森林面積

辦理國、公、私有土地新植造林工作，以提升森林覆蓋面積及碳匯量：林業部門具有碳吸收強化之功能，因我國土地面積小、人口稠密，森林覆蓋率達60%，且交通條件及其他立地限制，可供新植造林面積極為有限。未來除持續推動國有林劣化地復育造林、山坡地獎勵輔導造林以及海岸及離島造林等，將進一步導向農業產值較低之邊際農牧用地（如山坡地農地、休耕農地等），並發展營造都市林，進行國、公、私有土地新植造林工作，以提升森林覆蓋面積及碳匯量。

（二）加強森林經營

針對已有森林覆蓋的林地，透過營林手段增加森林生物量及碳儲存量，同時亦可提升林木形質，並導入永續森林經營概念，以友善環境的方式進行森林管理，執行措施如下：

1. 推動外來入侵種移除改正造林、復育劣化林地，並加強低蓄積人工林撫育更新，以擴大森林碳吸存效益。外來入侵種常因生長力極強排擠原生植物之生存空間，造成生物多樣性下降，森林生態系劣化，因此移除外來入侵種，釋出原生植物生長空間，即可復育造林；而老熟、鬱閉之人工林則實施休枝、除蔓及疏伐等撫育更新作業，創造生長空間，以改善林木生長狀況，進而繼續增加碳匯量。
2. 推動老化竹林更新，活化竹林碳吸存能力：竹子生長快速、再生性強且用途廣泛，可以竹代鋼、代塑，是實現聯合國永續發展目標（SDGs）的重要材料。我國約有 18 萬公頃竹林，惟因產業外移、收穫量銳減，導致竹林老化、生長停滯，為振興竹產業，規劃串起生產、加工、研發、應用到銷售的產業鏈，以提升竹林經營誘因。

（三）提升國產材利用

我國每年木材需求量約 400 萬立方公尺，而國產材年生產量僅 3 至 4 萬立方公尺、木材自給率約為 1%。基於國際針對進口木材的運輸過程增加產品碳足跡，以及破壞天然林甚至熱帶雨林的疑慮漸起，林務局將 2017 年設定為「國產材元年」，積極推廣國產木竹材、期能降低進口木材的依賴程度。在生產面以成立合作社的形式擴大生產規模、降低成本，在市場面積極協助國產材的運用與行銷，並開發更多元且生活化的產品，推廣國產材進

入國人的生活空間，進而擴大消費市場，透過運用市場機制重啟林業產業，鼓勵在地生產者強化人工林的更新速率，以支持減緩氣候變遷的具體行動。

（四）強化森林碳匯相關技術科技研發能量

以淨零排放觀點，針對可促進森林碳匯之森林經營模式進行研析，並用科學方法量化和發展監測體系追蹤經營的碳匯成效與動態變化，以及發展林產加工技術提升碳保存效益，促進林產業振興發展。



推動「國產木竹材識別標章（台灣木材標章）」，鼓勵消費者支持國產木竹材製品。



國產材多元利用——柳杉運用於森林土木工程

二、土壤碳匯

土壤碳匯俗稱黃碳，是陸域系統上最大的自然碳匯潛力場域，因植物行光合作用所吸收之二氧化碳，只有 42% 的碳儲存於植物體地上部，剩餘則由植物體地下根莖及土壤有機質等約含 5 成以上的碳所組成。當土壤有機質進一步分解形成腐植質則需要數百年的時間，其過程可固定、封存或儲存相當龐大的碳匯量，且農作物生產需仰賴土壤，結合農糧產業經營轉型，土壤碳匯角色至關重要，規劃適切且有效的土壤增匯效益刻不容緩，以「強化土壤管理方式」、「建構負碳農法」及「強化土壤碳匯相關技術科技研發能量」為土壤碳匯推動：

（一）強化土壤管理方式

土壤有機質約含有 5 成以上的碳，當有機質進一步分解形成腐植質，需要數百年才能分解，因此土壤應該是陸域系統中最大的碳匯，為將碳保存在土壤中，應強化土壤管理策略，該策略執行措施如下：

1. 以增加土壤有機質為目標，建立有效土壤管理技術。

2. 建立碳儲量之評估基準與分析技術，建置碳儲潛力分區圖：為精準估算廣大農地土壤碳匯量、增加碳匯量及履行碳權交易，應進行農耕地碳含量盤查、量測與監測。
3. 建立土壤碳匯可 MRV 機制：完成土壤碳匯測量 SOP，履行碳權交易，以達負碳貢獻。盤點及建立土壤碳匯資料、發展土壤碳匯及碳儲潛力空間分析及估算技術、發展快速及非破壞性土壤有機碳分析方法、發展土壤碳匯預測模式、彙整國際碳排與碳匯 MRV 機制、建立我國內碳排與碳匯 MRV 機制等。

(二) 建構負碳農法

農耕栽培方式造成溫室氣體排放，爰以確保糧食安全為原則，調整農耕方法，提高碳封存效益：

1. 推廣具負碳功能作物或品種：作物行光合作用獲取碳，選育光合作用能力強及固氮功能高的作物品種，有利溫室氣體減量及增強碳匯，如種植綠肥作物；推動作物負碳之栽培技術（推廣果園草生栽培、推廣溫網室設施少整地栽培、推動不整地栽培——有機與友善環境耕作）；推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物，增加土壤有機質（稻草切段翻埋、推廣使用有機質肥料、微生物肥料等生物性資源物）等。
2. 推動作物負碳之栽培技術：農耕操作造成土壤中的碳排放到空氣中，透過免耕栽培、減少化學肥料施用、草生栽培及有機與友善栽培等技術，增加土壤有機質含量。
3. 推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物，增加土壤有機質：土壤中的含氮有機物靠微生物分解，開發增進農業剩餘資材再利用微生物及開發具固碳功能微生物，增加土壤碳匯效益。

(三) 強化土壤碳匯相關技術科技研發能量

1. 增進土壤碳匯效益及開發提高農糧作物負碳貢獻度栽培模式之研究：強化土壤管理方式；建立土壤碳儲量之評估基準與分析技術，推動增加碳儲之農業活動。
2. 建構推動負碳農法：評估及調整作物耕作模式及作物種類之碳匯貢獻度，推動增加碳匯及負碳之農法；開發土壤生物資源：研發適合農業副產物及具固碳能力之土壤微生物，促進農業副產物再利用。



果園草生栽培



稻草敷蓋應用於果園

三、海洋碳匯

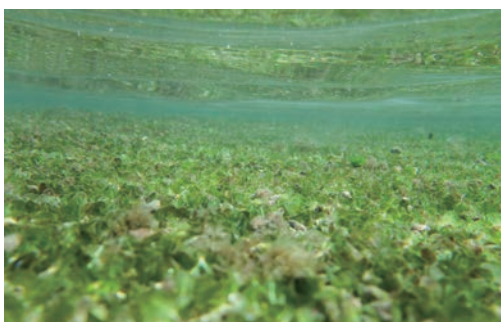
海洋碳匯俗稱藍碳，目前國際間對海洋碳匯量測標準較少相關資料，且國內亦少有碳匯研究與基礎資料，本戰略透過相關部會分工合作，推動評估海草床、濕地與漁業相關棲地等碳匯效益，和強化具碳匯效益場域之管理，以「強化海洋及溼地碳匯管理」及「強化海洋碳匯相關技術科技研發能量」為海洋碳匯路徑之推動：

(一) 強化海洋及濕地碳匯管理

1. 推動具碳匯效益海域及濕地棲地保育與管理：盤點我國海洋碳匯調查潛力點，優化管理措施，強化海洋保護區管理，評估具碳匯效益經營管理方案，推動具碳匯效益漁業行為及促進具碳匯效益之棲地生物多樣性，建立海洋復育制度，以公私合作、擴大民間、企業參與及認養等多元模式，積極擴展海洋碳匯範圍，以提升海洋碳匯量。
2. 建立海洋碳匯方法學：建立海洋及濕地量測方法學與本土海洋碳匯係數，以瞭解海洋碳儲情形並建立海洋碳匯基線。

(二) 強化海洋碳匯相關技術科技研發能量

1. 海洋碳匯技術及效益評估：調查臺灣周邊海域碳匯生態系基礎資料及建立效益評估模式。進行複合式養殖達成碳中和之可行性試驗，並調查養殖漁業（藻類等）碳匯基礎資料及建立評估碳匯效益方法。
2. 建立海洋及濕地保育方法學：建構我國海洋及濕地適用復育方法學，供後續養護管理應用。



大面積的海草床為海洋中重要的「藍碳」



海草復育人工移植

叁、結語

我國農業主管機關與相關部會未來將積極以增加森林面積、強化森林經營管理、提高國產材利用、強化土壤管理方式、建構負碳農法、強化海洋與濕地碳匯管理及強化碳匯相關技術科技研發能量等策略，推動國、公、私有土地新植造林工作、推動外來種移除改正造林、復育劣化林地，並加強低蓄積人工林撫育更新、推動老化竹林更新、強化國產木竹材供應鏈及推動林產品全材利用、建立有效土壤管理技術及碳儲量之評估基準與分析技術，建置土壤碳儲潛力分區圖、建立土壤碳匯 MRV 機制、推廣具負碳功能作物或品種及技術、推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物以增加土壤有機質、海洋生態系復育機制、開發增匯技術與誘因，增加海洋碳匯能量，並維護海洋生物多樣性、提升生態系服務價值；另透過「氣候變遷因應法」將濕地碳匯納入碳交易，增加經濟誘因，強化在地民眾劃設濕地意願，擴大其他濕地之保育復育意願。未來將努力實踐淨零排放自然碳匯路徑，透過森林、土壤及海洋等碳匯貢獻於國家溫室氣體總排放量抵減，有效助攻國家淨零排放政策，以建構適應氣候風險的永續環境，共同達成臺灣 2050 淨零排放路徑。🌱