

# 森林碳匯減量方法概述

文、圖／林俊成（林業試驗所研究員兼主任秘書）

## 選擇減量方法是 抵換專案的重要開始

森林碳匯市場乃由土地所有者或經營者，將其因造林、撫育以及保育等森林經營活動所額外增加的碳吸存量，轉賣給另一個實體（一般為排放者），以抵換這個實體的排放量。森林碳匯交易可以為土地所有者或經營者提供額外的收入來源，並長期承諾保持森林完整性（Parajuli *et al.*, 2019; Kosiba, 2021）。不同的碳標準或機制（carbon standard or mechanism）須提供嚴謹的品質認證標準，以確定專案活動資格和核發減量額度的數量，因此專案產生抵換減量額度的多寡和時間，則取決於專案類型和相關碳標準規範。而要確定是否符合專案合格性和如何量化溫室氣體排放或移除量，專案參與者必須選擇和使用經認可的溫室氣體減量方法，減量方法為針對專案活動排放減量所制定的具體操作規則，不同的碳標準在不同行業類型中皆有其適用的方法。

減量方法提供了量化碳效益的核心架構，選擇一個適用的方法，參與者必須明確說明專案所在地點、專案

活動內容、採用的技術和其他具體情形，也包括建立專案基線、測量和監測碳儲量變化以及評估洩漏和專案排放的說明，以符合方法適用條件。方法的選擇不僅是技術性的，同時也須要考量監測要求（影響成本）、合格碳庫（影響可信的碳效益總量）和專案的其他關鍵方面具有潛在影響。若現存方法不能滿足專案活動開發的需求，也可透過發展新的方法，並提交碳標準所要求的相關部門審核通過成為新方法，為其專案開發時使用。新方法需要經過一個嚴格的審核評估過程以確保所核發查證減量額度可滿足品質保證原則。

所有的森林碳匯抵換專案必須是真實的、外加的、可量化的、可驗證的，並且在預期的專案生命週期內具永久性的（Kelly and Schmitz, 2016）。相較其他類型的溫室氣體減量專案，因可產生更具體且廣泛的生態及社會經濟等共同效益（co-benefit），因此買家願意支付更多費用來參與森林碳匯專案。由於選擇適用專案內容減量方法是抵換專案的重要開始，本文針對森林碳匯減量方法進行簡要剖析。

## 各碳標準之森林碳匯專案類型

森林碳匯專案類型主要分為造林及再造林 (Afforestation and Reforestation, AR)、避免毀林 (Avoid Deforestation, AD) 及促進森林經營 (Improved Forest Management, IFM) 等 3 種類型。

1. 造林及再造林 (AR)：或稱為新植造林及更新造林，乃透過栽植林木，藉由林木的生長，增加碳吸存量；造林 (A) 是將非林地轉換為林地的過程；再造林 (R) 則是將以前為林地，中間改變為其他土地利用形式，之後再轉換回林地的過程。
2. 避免毀林 (AD)：毀林近乎造成 20% 的全球碳排放量，為避免一些國家持續毀林或森林退化，因此，推動減少毀林及森林退化 (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD) 成為一種森林碳匯專案類型，以促進森林生態的維護。
3. 促進森林經營 (IFM)：將沒有受到妥善經營的森林，以減少碳排放量為目的，實施永續經營策略；通常促進森林經營由一系列經營措施組合而成，例如減少伐木衝擊、延長輪伐期、改變經營目標等。

清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 僅有造林及再造林 (AR) 減量方法。而在自願性碳市場 (Voluntary Carbon Market, VCM) 中，除了造林及再造林 (AR) 外，避



■ 造林及再造林為森林碳匯主要專案類型

免毀林 (AD) 或促進森林經營 (IFM) 也有部分碳標準或減量機制有相關減量方法，其中以 Verra 查證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS) 最為完整。根據 2019 年碳市場的現況，VCS 在自願性市場中占主導地位，占交易量的 66.2%，其他尚有黃金標準 (Gold Standard, GS)、氣候行動儲備 (Climate Action Reserve, CAR) 及美國碳登錄 (American Carbon Registry, ACR) 等碳標準，而在臺灣抵換專案、日本減量額度 (J-クレジット, J-Credit) 制度及中國核證自願減排量 (Chinese Certified Emission Reduction, CCER)，也有森林碳匯專案類型及減量方法，彙整如下表：

### 各碳標準之森林碳匯專案類型

碳標準／專案類型	AR	IFM	AD
CDM	○		
VCS	○	○	○
GS	○		
ACR	○	○	
CAR	○	○	
臺灣抵換專案	○		
J-Credit	○	○	
CCER	○	○	

註：臺灣抵換專案係指 2018 年修正的「溫室氣體抵換專案管理辦法」的內容

## 森林碳匯減量方法內容略述

清潔發展機制（CDM）為京都議定書中 3 種溫室氣體排放減量的彈性機制之一，其主要目的在於協助各國能以更經濟有效的方式，履行其溫室氣體減量承諾。造林及再造林（AR）為 15 種專案類型之一，在 2012 年時有 11 個大型減量方法、2 個整合型減量方法以及 7 個小型減量方法，之後隨著方法學的整併與失效，目前造林類別方法學有 4 個，即造林與再造林地（不含濕地）（AR-ACM0003）、退化紅樹林棲息地的造林與再造林（AR-AM0014）、應用於溼地之小規模造林和再造林專案活動（AR-AMS0003）、不含濕地之小規模造林與再造林專案活動（AR-AMS0007）。簡言之，在選擇清潔發展機制造林減量方法時，要先檢視欲進行的專案地點是否為濕地及減量額度大小（年平均減量 / 移除量是否小於 16,000 公噸二氧化碳當量）而決定。



■ 收穫林產品具有碳儲存效果

Verra 查證碳標準（VCS）雖然沒有自己的造林與再造林減量方法，而是採用認可 CDM 既有方法學，但在避免毀林及促進森林經營減量方法則發展相當完整，如 IFM 專案活動包括 4 種類型：

1. 減少影響伐木（Reduced Impact Logging, RIL）：此類別透過在木材採伐期間，從傳統伐木方式轉換為 RIL 以減少溫室氣體淨排放。
2. 採伐轉變為受保護的森林（Logged to Protected Forest, LtPF）：此類別包括通過將採伐的森林轉變為受保護的森林，用以減少溫室氣體淨排放的做法。
3. 延長輪伐期（Extended Rotation Age, ERA）：此類別包括通過延長輪伐期增加碳儲量，減少均勻老化管理森林的溫室氣體淨排放量。
4. 低生產到高生產的森林（Low-productive to High-productive Forests, LtHP）：此類別藉由將低生產森林轉變為高生產森林以增加碳吸存。

目前 IFM 減量方法有 7 種，即延長輪伐期促進森林經營管理（VM0003）、提升森林生產力（VM0005）、促進森林經營管理：轉換伐採林為保育林（VM0010）、促進溫帶及北方森林經營管理（VM0012）、加拿大不列顛哥倫比亞省森林碳抵換方法（VM0034）、透過減少影響記錄改善森林經營的方法（VM0035）及促進森

林經營管理：使用國家森林調查之動態基線（VM0045）。

REDD 專案活動包括 2 種類型：

1. 避免有計畫的森林砍伐和/或森林退化（Avoiding Planned Deforestation and/or Degradation, APDD）：此類別包括透過停止或減少合法授權和伐採轉換之林地的森林砍伐和/或退化，以減少溫室氣體淨排放的活動。
2. 避免計畫外毀林和/或退化（Avoiding Unplanned Deforestation and/or Degradation, AUDD）：此類別包括通過阻止任何森林結構中可能發生的毀林和/或成熟森林退化，以減少溫室氣體淨排放的活動。

目前 REDD 減量方法有 7 種，即減少破碎化的毀林及森林退化（VM0006）、REDD 減量方法模組（VM0007）、避免生態系森林系轉化（VM0009）、透過防止毀林之溫室氣體排放減量效益（VM0011）、避免未經規劃的毀林（VM0015）、透過林火管理避免森林退化的方法（VM0029）、在鑲嵌體森林退化和退化影響的景觀中實施 REDD+（在 REDD 原有基礎上，加入永續森林管理及增加森林碳儲量）活動的方法（VM0037）。

美國碳登錄（ACR）與森林碳匯相關的土地利用、土地利用變化與林業的減量方法學，也分別有退化土地

的造林及再造林、避免草地與灌木林轉化為農作生產、向放牧草地添加堆肥、非美國聯邦林地的促進森林經營、加州三角洲和沿海濕地的恢復、淺灘沼澤濕地的恢復等 6 種減量方法，並允許參與者引用 CDM、VCS 批准的減量方法。

氣候行動儲備（CAR）原本以美國市場為限，近期擴展至墨西哥及加拿大。依據減量專案類型，分為煤礦甲烷、森林、硝酸產品、氮氣管理、有機廢棄物組成、有機廢棄物分解消化、稻米耕作、都市林、垃圾掩埋場、臭氧層破壞物質處理、牲畜沼氣處理等類型。與其他碳標準最大的不同處，在於 CAR 沒有所謂「減量方法」可依循，而是每種減量類型推出一「議定書」（Protocols）規範該類型的減量準則。森林議定書（Forest Protocol, FP）為森林碳專案的發展提供指導，依據 FP 供重新造林、促進森林經營和避免轉換專案相關的排放移除和減量的合格性和計量要求。

黃金標準（GS）為自願性抵換減量額度的碳標準，同時也用於對清潔發展機制下對社會影響進行補充性認證。黃金標準特別重視共同效益，如專案活動實施時也同時關注增加就業、改善當地社區健康狀況等其他社會效益。另全球目標黃金標準（Gold Standard for the Global Goals）則積極促進專案活動應和聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals,

SDGs) 一致。目前與森林碳匯有關的減量方法，主要在造林活動。

在氣候變遷因應法修法（2023 年 2 月 15 日）之前，環保署（現為環境部）依據「溫室氣體減量及管理法」訂有「溫室氣體抵換專案管理辦法」，主要是參照聯合國京都議定書中清潔發展機制（CDM）所設計。在減量方法的使用上，主要採用清潔發展機制（CDM）及其他經中央主管機關認可的減量方法，於國家溫室氣體登錄平台列有 4 個聯合國清潔發展機制的林業類型方法學，另有 1 個「造林與植林碳匯專案活動」（AR-TMS0001）減量方法，為經認可之減量方法。因此在國內實施造林與植林抵換專案，可參考用這 5 個減量方法。

小規模造林與植林碳匯專案活動（AR-TMS0001）適用條件為：

1. 適用濕地以外的造林專案活動（含政府獎勵造林的相關政策）。
2. 適用於 2000 年 1 月 1 日以後開始造林的專案活動。
3. 平地造林土壤擾動面積不能超過 40%，而山坡地造林不能超過 33%。
4. 專案活動不會造成專案開始前農業活動（如作物種植及放牧等）的轉移。
5. 參照 CDM 對造林專案小規模減量方法學的規範，專案活動之植林毗連面積應大於 0.5 公頃（ha），且年平均減量／移除量應小於 16,000 公噸二氧化碳當量（tCO<sub>2</sub>-e）。

日本減量額度（J-Credit）制度之森林碳匯減量方法有森林經營活動（FO-001）、植林活動（FO-002）與再造林活動（FO-003）。其中，森林經營活動（FO-001）是抵換減量額度（J-VER）制度裡間伐促進型（R001）與永續性森林經營促進型（R002）的整合；植林活動（FO-002）則沒有變動，仍為原先的植林活動（R003）專案，而再造林活動（FO-003）則是於 2022 年 8 月新制定。

中國核證自願減排量（CCER）的減量方法主要是參考清潔發展機制（CDM），根據中國自願減排交易資訊平臺，目前 CCER 森林碳匯專案使用的減量方法有 4 個，分別為碳匯造林（AR-CM-001）、竹子造林碳匯（AR-CM-002）、森林經營碳匯（AR-CM-003）和竹林經營碳匯（AR-CM-005）等專案減量方法。

## 現況與未來建議

不同碳標準的森林碳匯專案分為造林及再造林（AR）、避免毀林（AD）及促進森林經營（IFM）等 3 種類型，其減量方法架構多由清潔發展機制加以修改。先由造林及再造林（AR）減量方法，再擴增促進森林經營（IFM）及避免毀林（AD）。目前國內有數個造林與植林碳匯專案正在提出註冊申請中，惟尚未有完成註冊的案例，本文歸納可能原因以及相關建議如下：

1. 對專案運作程序不瞭解，且從基線設定、林木生長調查與監測等皆具專業性，建議需有具森林相關知識背景者參與。
2. 森林碳匯專案因計入期長，實施期間具有經營風險及不確定性高，且相較於其他專案活動，如欲取得較多減量額度，需要更大的土地面積。
3. 專案需投入的費用高，除了林木栽植及撫育費用外，尚有如查驗證費用等其他執行費用。而專案實施除了減量額度外，尚有共同效益，如僅以造林及相關費用直接反應在減量額度取得上，則減量額度單位成本高，故應同時納入專案帶來的共同效益（生物多樣性保育、社會經濟效益），另外造林後需適度經營才能真正產生碳吸存效果。
4. 目前國內森林碳匯專案申請過程中，由於部分係數及適用條件所需數據取得不易，造成在專案活動設計書撰寫上產生困難，建議可針對現有減量方法部分內容進行文字及說明微調修正，並提供相關係數以利引用；亦可撰寫森林碳匯專案技術手冊，提供相關專案活動引用，以利未來各界計算參考以及係數更新調整。

最後，促進森林經營乃藉由永續經營或提高生產量手段來達成生產與保育並濟目的，通常由一系列經營方法組合而成，例如減少伐木衝擊、延長輪伐期、改變經營目標等等，透過



■ 荒廢竹林有待更新以增加碳匯效益

改善來經營管理。目前森林經營碳匯專案在自願性市場中已有實施，如VCS、ACR、CAR、J-Credit、CCER等，因此國內欲發揮森林經營碳匯效益，則有待建立適用於國內的森林經營碳匯減量方法。另外，由於竹林碳吸存效果佳，良好的竹林經營，每年碳儲存與吸存量更可能高於人工林，若能妥善經營管理竹林，對碳吸存貢獻將不可小覷（Charlotte *et al.*, 2021）。臺灣擁有豐富的竹類資源，因此竹林經營碳匯減量方法也有其必要性。目前這兩個減量方法草案已研擬完成，待「溫室氣體自願減量專案管理辦法」正式通過後，依辦法要求的格式及內容再提交送審通過。♻️

（參考文獻請逕洽作者）