

CDM 植林方法學之簡介與比較

文圖 | 邱祈榮 · 陳莉坪 · 黃愷茹 台灣大學森林環境暨資源學系

近年來隨著全球暖化益發明顯，1994 年聯合國通過了「聯合國氣候變遷綱要公約」，3 年後通過「京都議定書」，對減緩氣候變化做出了規範細節並擬定具有法律強制力的減量目標，在 2005 年 2 月正式生效。議定書規範了 3 種溫室氣體減量方式，其中清潔發展機制（The Clean Development Mechanism, CDM）是唯一包含非附件一國家的國際減量合作機制，由已開發國家透過提供資金與技術的方式，在開發中國家實施具有溫室氣體減量效果的計畫，履行議定書規定的義務。本文即就 CDM 植林的參與流程、目前已核定的方法學加以介紹，以提供政府單位及國內有意參與 CDM 植林相關機構參考。

1988 年，氣候變遷首次成為聯合國大會討論的議題，隨著全球暖化益發明顯，氣候變遷議題逐漸引起國際社會的關注。1994 年，由參與聯合國的 150 個國家通過了「聯合國氣候變遷綱要公約」，而後每年舉辦公約締約國大會（COP 會議），為國際因應氣候變遷行動提供一個進行

談判磋商的平台。

1997 年第 3 屆公約締約國大會於日本東京通過「京都議定書」，在氣候變遷綱要公約的基礎上，對如何減緩氣候變化及因應對氣候變化問題做出了規範細節並擬定具有法律強制力的減量目標，於 2005 年 2 月正式生效。由於各國在選定氣體排放的管制方面，條件及努力的效果均有所不同，所以為了讓各國能夠進行排放權的交換，因此共規範了 3 種溫室氣體減量的方式，包括聯合減量、清潔發展機制（The Clean Development Mechanism, CDM）、排放權交易，提供法源給締約國進行市場機制的溫室氣體減量。

JI 指的是利用執行共同排放減量計畫的方式，提供資金或技術向其他附件一國家交換或取得排放減量單位額度，以作為未來交易或抵減排放量之用（概念說明如圖 1）；IET 指的是附件一國家向排放量尚未達到容許配

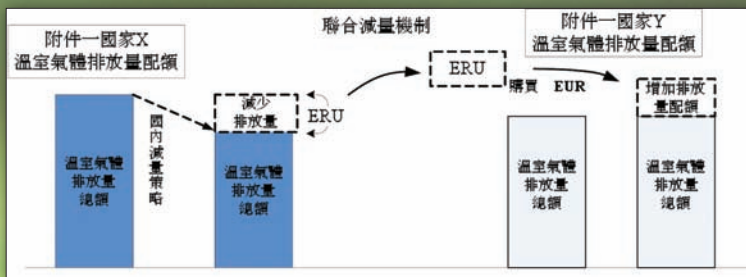


圖 1. 聯合減量機制

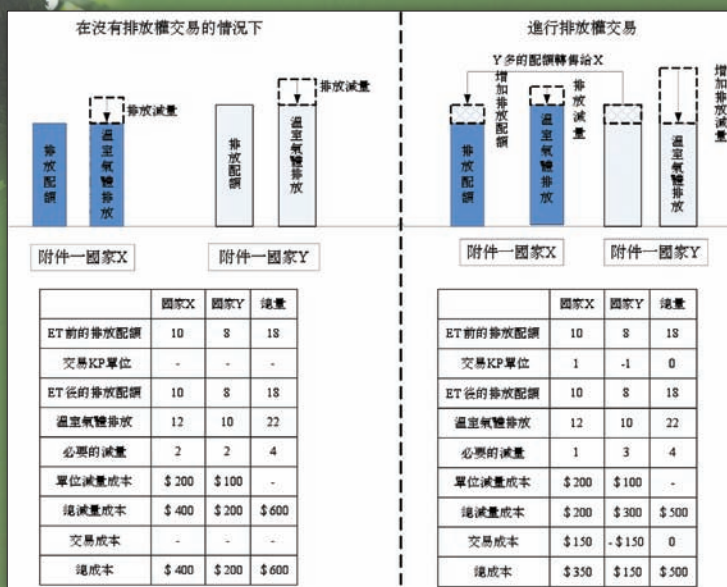


圖 2. 排放權交易機制

額的其他公約附件一國家，購買取得其尚未使用或剩餘的排放單位，經由此種具有成本有效性的交易機制，可以增加國家的可容許排放量，也可以進一步刺激產業研發更有效的污染防治技術，並將多餘的排放量於國際市場進行交易（概念說明如圖 2）；關於 CDM 的說明，本文詳述如下段。

一. CDM 植林是什麼？

清潔發展機制 (CDM) 是京都議定書第 12 條確立的機制，為 3 種碳交易機制中，唯一包含非附件一國家的國際減量合作機制，主要由已開發國家透過提供資金與技術的方式，與開發中國家合作，在開發中國家實施具有溫室氣體減量效果的計畫，計畫所產生的溫室氣體減量作為已開發國家履行京都議定書所規定的一部分義務。

CDM 共可分為 4 大類方案：第一

類一般方案涉及能源、一氧化二氮、氫氟碳化物 (HFCs) 等項目；第二類為小型一般方案，包含可再生能源等項目，這兩類方案以減少溫室氣體排放為目標；第三類碳匯方案；第四類為小型碳匯方案，這兩類碳匯方案以通過土地利用、土地利用變遷和林業方案計畫來增加陸域碳貯量，包括進行植林、再植林、森林管

理、植被復育、農地管理、牧地管理等活動，目前 LULUCF 第一階段所承認的 CDM 方案僅限於新植林與再植林項目 (afforest and reforest, A/R)，簡稱為 CDM 植林 (A/R CDM)。

由於森林可吸收並固定大氣中的二氧化碳，是全球重要的碳匯，根據 IPCC 在 2000 年的估計，森林占全球陸域的 30%，約占全球植被 77% 的碳貯量，在土壤的方面，森林土壤約占全球土壤 39% 的碳貯量，故森林增加或減少對大氣中的二氧化碳有重要的影響。CDM 植林透過核發可交易的排放減量權證 (certified emission reduction, CERs)，鼓勵國家或私人部門申請在退化土地或非林地上進行新植林及再植林的方案，利用森林生長的過程將二氧化碳氣體轉化成有機生物體貯存。由於 CDM 允許公約附件一國家、非附件一國家以及公私部門的

共同參與，因此被視為是未來最具有潛力與發展機會的減量機制。

CDM 的執行流程如圖 3，即由參與方提出計畫，並準備相關計畫文件，獲得國家批准後，送至已被 CDM 執行理事會所核定的經營實體，由該機構審核參與方所提出的計畫文件，審核通過後，再至 EB 登錄，即可開始執行計畫，並進行監測。計畫執行後再由經營實體定期進行計畫執行的查證與驗證，若驗證通過，則可向 CDM 執行委員會申請核發排放減量權證，再由已認證的減量權證中，分配到排放減量權證。

CDM 植林主要依據 2003 年第 9 屆公約締約國大會所通過的碳匯 CDM 談判，對森林、再植林、非持久性、碳計量期、小型碳匯項目等做了定義，並決定符合這些 CDM 方案的措施，最早可由 2000 年 1 月 1 日起開始計算減排量。

二. 方法學之重要性及審定程序

由於以植林方式進行溫室氣體的

減量，過程中仍會因土地利用改變或林業經營的過程而產生二氧化碳的洩漏，不同的方法學即牽涉到不同的監測基線和碳庫計算方式，將影響最終淨人為二氧化碳吸收量的計算，對整個 CDM 植林的執行和取得減量權證有決定性的影響，為整個 CDM 植林提案計畫書中相當重要的部分，故在歷次的 CDM 執行理事會中即詳細制定了審評方法學的程序，而提案 A/R CDM，可選用已通過之方法學，或是設計新的方法學，經 UNFCCC 審評程序通過後採用。

方法學評審程序如圖 4，首先由 PP 提出新建議的方法學（其格式內容必須符合 CDM-AR-NM 的規定），及相關計畫文件的初稿（目的為展示新方法學如何應用於實際案例），UNFCCC 秘書處收到相關文件後，將文件轉送 A/R CDM 工作小組的成員之一，由該成員進行第一階段的審查評等（評等分為 2 級），若被評為 2 級，建議的方法學直接被駁回，若評為 1 級，則送回秘書處，由秘書處轉交給 CDM 執行委員

會及 A/R CDM 工作小組。而參與方亦可主動要求接受其相關計畫文件之經營實體進行新方法學的第一階段審查，則不需再經過 A/R CDM 工作小組成員審查。

新方法學通過第一階段審查後，秘書處將其送達 CDM 執行委員

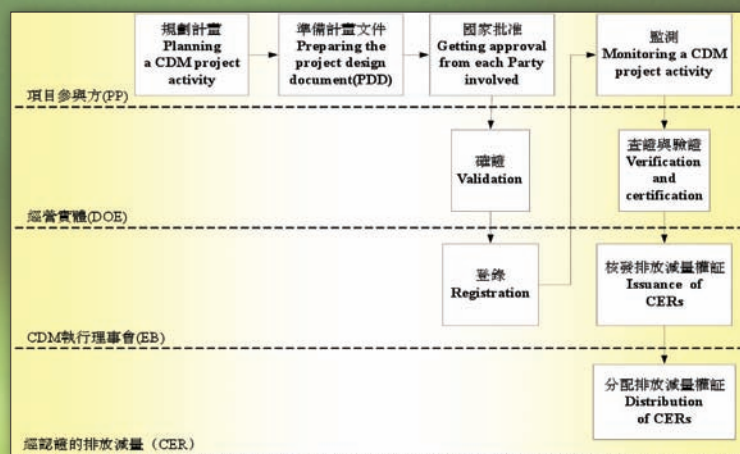


圖 3. 清潔發展機制執行流程

會及 A/R CDM 工作小組，並公佈於 UNFCCC-CDM 網站上，公眾可以在 15 天內向秘書處表示其意見。A/R CDM 工作小組必須並將新方法學的相關文件遞送給專家資料庫中的兩位專家進行書面審評，最後彙整專家審評意見、公眾意見和小組成員的意見，製作給 CDM 執行委員會的決議初稿，遞交給 CDM 執行委員會，由執行委員會於下次會議中對新方法學進行審評。委員會的審評決議分為 3 種，「A」為直接批准該方法學；「B」為要求參與方針對委員會提出的問題、意見和建議進行修改，5 個月內再次提交，但又可分為直接通過公佈，或進行第二階段審查，或直接或由 CDM 執行委員會會議審查；「C」則不予批准。

三. 已核准 CDM 植林方法學

截至 2008 年 2 月，CDM 執行委員會已通過 10 個方法學，分別簡介如下：

（一）退化土地再植林方法學 (AR-AM0001)

提出此方法學提案的計畫地點為中國廣西。此方法學適用的條件包括：計畫活動不會導致計畫範圍外地區既有活動的改變；再植林地嚴重的退化，其植被指標（林木冠幅和樹高）低於森林定義標準；人為干擾及環境退化，使計畫區域不利於森林的天然更新；計畫區域將以播種或植苗的方式進行再植林；計畫區域的整地不會導致明顯且長期的土壤碳排放現象；

計畫將採取長短伐期輪作，並以植苗或萌蘖進行跡地造林；計畫區域內不允許放牧等。

（二）經由造林計畫進行退化土地的復育 (AR-AM0002)

提案的計畫地點為東歐的摩爾多瓦共和國。此方法學的適用條件，部分與 AR-AM0001 的 a、b、c、h 相同，不同的是計畫區域的土地將持續發生土壤侵蝕、崩塌等嚴重的退化狀況，本方法學並且將土壤有機物、枯枝落葉和枯死木的碳儲存量列入碳庫的估算。

（三）經由苗木栽種／協助自然更新/控制放牧等方式進行退化土地的新植林與再植林活動 (AR-AM0003)

提案的計畫地點為南歐阿爾巴尼亞境內。本方法學的部分適用條件與 AR-AM0001 的 c、e 相同，其餘適用條件包括：計畫活動將導致計畫範圍外地區既有活動的改變，例如放牧及薪材採集活動的取代；經由播種、植苗、促進天然更新、控制原有的放牧和薪材採集活動等方式來進行退化土地的新植林與再植林；計畫區域土地嚴重退化，且將持續退化或維持在一個穩定的低碳儲存狀態；不允許淹浸法灌溉；計畫中固氮樹種的栽植量不多，脫氮作用釋放出的溫室氣體在估算實際淨溫室氣體移除量時可被忽略；計畫區域內沒有執行 CDM 以外的植林計畫。

（四）農業用地上進行新植林與再植林活動 (AR-AM0004)

提案的計畫地點為中美洲的宏都拉斯境內的 Pico Bonito 國家公園。其部分適用條件與 AR-AM0003 大致相近。

(五) 為了工業或商業使用
的新植林與再植林計畫活動
(AR-AM0005)

提案的計畫地點為南美洲的巴西，該計畫是為了工業或商業的使用，造林地點為未被管理或大範圍管理且土壤碳含量低的草地，而土壤碳含量低的原因可能是土壤退化、氣候等自然條件導致土壤層較薄且不肥沃。此方法學考慮到兩種可能的基線情境，包括：維持現有的土地利用，即未被管理

或大範圍管理的草地；或在 CDM 計畫前已少量且間歇的執行植林。本方法學的適用條件尚有：土地未被管理或大範圍管理的草地且呈現穩定狀態、以植苗木或播種方式進行植林（土地利用類型不利自然更新）、不允許淹浸法灌溉、土壤排水及干擾狀況造成非 CO₂ 的溫室氣體排放可被忽略、脫氮作用釋放出的溫室氣體在估算實際淨溫室氣體移除量時可被忽略、運用 GIS 管理空間資料。

(六) 退化土地上進行包含灌木層級的新植林與再植林活動 (AR-AM0006)

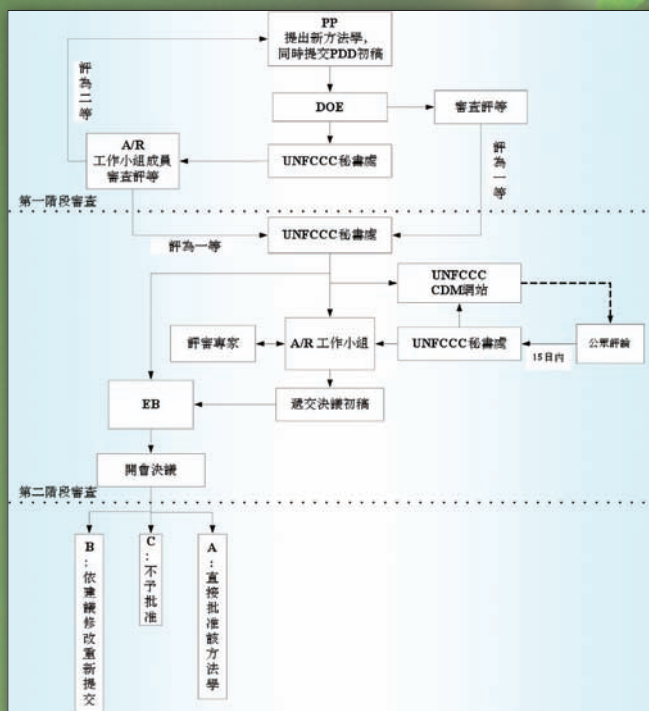


圖 4. 方法學審評程序

行列將間隔栽種作物，活體生物量和土壤有機碳庫都納入碳庫考量。

(七) 在農業或放牧用地上進行新植林與再植林活動 (AR-AM0007)

提案的計畫地點為南美洲的厄瓜多，適用於放牧地、農業用地或荒廢地上進行新植林與再植林計畫活動；基線情境的土地利用改變是可被允許的。

(八) 永續木材生產的退化土地新
植林與再植林活動 (AR-AM0008)

提案的計畫地點在非洲馬達加斯加，適用於退化土地的造林或再植林；人為干擾及環境退化，使計畫區域不利於森林的天然更新；在基線土地利用下，沒有林木植被的生物量呈現穩定或下降的狀態，枯枝落葉及枯

死木，包含木材收成殘餘，都宜留在造林地內。

(九) 允許林牧複合活動的退化土地造林再植林計畫 (AR-AM0009)

提案的計畫地點為南美洲的哥倫比亞，此方法學允許計畫範圍內的放牧活動，但牲畜的糞便將不被收集、儲存及焚燒。

(十) 保留／保護區內未被管理的草地上進行新植林與再植林計畫活動 (AR-AM0010)

提案的計畫地點為南美洲的巴西，主要為在保留／保護區內未被管理的草地上進行造林再植林計畫活動，計畫區域若沒有人為幫助，無法天然更新為森林地。

四. 不同方法學之比較

在上述的 10 種方法學中，每個方法學的適用條件各有不同，但影響取得 CDM 的合格性和減量權證的數量，主要還是依據基線情境的選擇與碳庫估算的範圍。

基線情境 (baseline scenario) 指的是一種能合理代表在沒 CDM 植林活動下，人為引起溫室氣體排放或清除的情境（主要為碳庫中碳貯量的變化），換言之，即是在參與方所在國內的技術條件、資金提供、資源條件和政策法規下，能合理代表沒有執行 CDM 植林時可能出現的碳排放或碳吸存水準。在第 9 屆公約締約國大會第 22 款規定，選擇基線方法時，有 3 個可供選擇的依據：

(一) 計畫範圍內碳庫中碳貯量現在的或歷史的變化。

(二) 在考慮到投資障礙的情況下，在經濟上有吸引力的一種代表性土地利用方式所產生的計畫範圍內碳庫中碳貯量的變化。

(三) 在計畫開始時，最可能的土地利用方式所產生的計畫範圍內碳庫中碳貯量的變化。

參與方必須透過對計畫範圍內的社會、經濟和環境背景進行調查和分析，才能選擇一個對自己較有利的基線方法，並在相關計畫文件中進行說明。

(一) 基線方法 22 (a)：本基線方法為在沒有 CDM 計畫的情況下，計畫範圍內的土地利用方式將延續目前或歷史的趨勢（以目前、歷史的趨勢變化或是政府規劃、政策規劃來判斷）。適用在未利用的退化土地上，或者交通不變、經濟較不發達的偏遠地區。這些地區的土地利用方式或土地覆蓋主要取決於地形、氣候、立地條件等環境因子，市場、人口數量和國家或政策的影響較小，故土地利用及土地覆蓋情形改變不大。

(二) 基線方法 22 (b)：本基線方法以在沒有執行 CDM 計畫的情況下，經濟考量下可能的土地利用方式，來估算計畫範圍內碳庫的碳貯量的變化。故常適用於人口密集、土地肥沃、交通便利、開發歷史悠久、缺少土地資源的地區。由於土地利用方式

的可能性不只一種，因此本基線方法必須對所選擇的土地利用方式加以論證。

(三) 基線方法 22 (c)：在沒有資料來判斷計畫範圍內土地的未來可能的利用方式，且該區域土地不具經濟吸引力，或執行 CDM 計畫的目的不是創造經濟效益，而是以生態恢復、流域保護、恢復退化土地等，則可選用本基線方式。

LULUCF 在第 7 屆公約締約國大會時，定義了 5 大碳庫，CDM 植林則採用其定義，分別說明如下：

(一) 地上部生物量：土壤層以上以乾種表示的所有活體生物量，可分為喬木層（包括樹幹、樹皮、枝條、種子、葉）和下木層（灌木、草本和幼樹），及未脫落的各種死器官、附生植物、氣生根。

(二) 地下部生物量：所以活體根的生物量，由於細根通常很難從土壤有機質或枯落物中區分出來，故不納入此碳庫的估算。

(三) 枯死木：直徑大於等於 10 公分的地表木質殘體、死根和枯死樹幹生物量。

(四) 枯枝落葉：礦質土層或有機土壤上、直徑小於 10 公分、處於不同分解狀態的所有死物生物量。

(五) 土壤有機物：一定深度內的礦質土和有機土中的有機質，包括不能從地下生物量區分出來的活細根。

在 11/CP-7 及 19/CP-9 原則上要

求對所有的碳庫進行計量，但若可證明該碳庫不是排放源，就監測成本的考量下，可以不採計該碳庫。一般來說，CDM 植林在長期來看，都是增加五個碳庫的碳貯量，但如果在計量期中，該碳庫的碳貯量變化較小，其所能獲得的減量權證收益，低於監測成本，則在選擇不採計該碳庫的方法學，而只要選擇採計的碳庫，在計量期內都必須持續地進行計量與監測。

五. 結論

近年來政府積極獎勵造林，從農地造林、全民造林、平地景觀造林，以迄新推出的綠海計畫，均是鼓勵社會積極造林、厚植森林資源，而造林的碳吸存利益收入亦是政府鼓勵造林的一項重要誘因。然而，碳吸存效益要轉化為可交易的市場貨幣價值，必須經過國際認證的申請、碳量估算、驗證、監測等一系列過程，方能進行。因此如果國內相關單位，若想要享受造林碳交易所帶來的利益時，確實需要有完整的機制來協助運作，例如民間參與方是否有能力製作相關計畫文件，或是能否找到可與國內公私部門配合的經營實體進行申辦 CDM 的認證。而由於台灣並非京都議定書締約國，故政府該如何協助參與方透過其他締約國的採納認可來取得碳排放減量權證，亦或進行國內碳交易，均是政府相關單位所應重視的課題，應及早準備以為因應。■