

從氣候變遷到林業碳管理

◎國立臺灣師範大學地理系·廖學誠(liaw@ntnu.edu.tw)

2013年7月1至12日，亞太經合會(APEC)成立的「亞太森林復育與永續經營網絡(APF-Net)」，於中國大陸雲南省昆明市舉辦「氣候變遷下永續森林經營的策略與方法」工作坊，針對氣候變遷全球暖化情境下，林業經營該如何調適，進行深入分析及教育講習。無獨有偶，2013年10月29日，中國大陸的中國綠色碳匯基金會，於浙江省溫州市舉辦「第一屆海峽兩岸林業碳管理研討會」，邀請兩岸及加拿大相關學者，針對林業碳管理議題進行學術交流及經驗分享。本文將分別介紹這兩次重要的學術活動內容，期能提供臺灣林業經營之參考。

氣候變遷工作坊

氣候變遷已是當前全球的重要議題之一，不但衝擊森林生態系，更會影響到產業經濟及社會文化，因此，亞太經合會APFNet特地委託加拿大英屬哥倫比亞大學(UBC)林學院，進行為期三年(2012~2014年)的「亞太森林對氣候變遷之適應」研究計畫，其中包括承辦「氣候變遷下永續森林經營的策略與方法」工作坊，針對亞太地區與林業相關的政府官員進行教育訓練，以提升各國在林業經營上因應氣候變遷之能力。此次工作坊共有15位學員參與，分別來自孟加拉、斐濟、印尼、寮國、馬來西亞、蒙古、緬甸、尼泊爾、祕魯、泰國、巴布亞新幾內亞及中國等。由於筆者擔任該項研究計畫的期中審查委員，故有機會藉此參與工作坊，實地瞭解計畫項目及訓練內容。

此次工作坊主要是由加拿大UBC研究團隊將其研發成果介紹給學員認識。林學院長



氣候變遷工作坊上課情況(廖學誠 攝)

Dr. Innes從政策面向分析永續森林經營及適應策略，副院長Dr. Marshall則介紹森林調查技術、資料收集及實務應用，Dr. Aitken教授及卑斯省森林遺傳委員會經理Dr. Woods則分別簡介氣候變遷下林木遺傳管理如何改善森林健康及增加木材供應。除了上述新進觀念介紹外，此次工作坊最重要的就是分享UBC團隊所發展或整合出來的氣候變遷下林業經營相關模式，屬於實務操作課程，各國學員必須事先準備當地相關資料，學習UBC團隊所提供的電腦模式操作後，再將本國資料輸入，模擬氣候變遷下當地森林生長的變化趨勢，以及因溫度上升導致森林火災頻度及強度增加之情境，並研擬最佳的經營管理策略，最後還要撰寫報告並上台發表。

UBC團隊所提供的應用程式甚多。首先是UBC團隊自行研發與氣候相關的ClimateAP模式，此模式整合加州柏克萊大學所建置的WorldClim氣候資料庫及奧瑞崗州立大學所建置的PRISM氣候資料庫，針對亞太地區提供



大陸雲南石林地質公園(廖學誠 攝)



石林被登錄為世界自然襲產(廖學誠 攝)

過去歷史氣候資料，並根據跨政府氣候變化委員會(IPCC)的評估方法，模擬未來亞太地區的氣候變化，在時間尺度上可以提供月、季及年氣候資料，在空間尺度上，則根據經緯度及海拔高等參數進行降尺度分析，可以細緻到25 m的解析度，由氣象站的點資料轉為面資料。除了氣候模式外，尚有許多不同的生態模式。UBC自行研發的樹木及氣候評估TACA模式，可以針對單一樹種在不同的氣候變化及土壤水分條件下，分析其生長狀況及適宜性，並探討種子產量、散佈、萌芽及生長過程。TACA模式的分析結果可以進一步提供地景、干擾及演替LANDIS-II模式之用，此模式為地景層級，可以模擬不同的伐採及造林作業方式對林木演替及森林地景之影響，也可以分析燃料累積與火災週期之關係，並顯示災後森林物種的時空分布狀況。此外，以經營為導向的FORECAST模式亦是源自於UBC林學院，可以模擬林木的生長率及死亡率，結合分解速率、養分循環、光合作用及水文循環等生態功能，計算不同林業經營方式下森林的淨初級生產量及資源需求量。由於氣候變遷與二氧化碳至為相關，此次工作坊也特別介紹加拿大林務署進行林業碳監測及計量所研發的CBM-CFS3碳收支模

式，可在林分層級或地景層級下分別計算森林的碳儲存或碳平衡，並模擬未來不同氣候情境及不同施業方式下森林生態系的碳收支狀況。最後則介紹由加拿大多倫多大學所研發的生態水文模式(BEPS-TerrainLab V2.0)，此模式可以搭配不同的氣候預測，模擬未來森林生態系的蒸發散及水平衡，分析土壤的水分含量，並推估林木生長量。

工作坊除了在室內進行教育訓練外，也安排學員至普洱進行四天的戶外考察行程，認識當地的林業經營狀況，此外，也安排授課教師及期中審查委員至石林考察一天，瞭解被聯合國登錄為世界自然襲產的地質公園經營管理狀況。

林業碳管理研討會

為了減緩氣候變遷對森林生態之衝擊，並提升林業經營對減排增匯之貢獻，中國綠色碳匯基金會特地舉辦「第一屆海峽兩岸林業碳管理研討會」，並由溫州科技職業學院及溫州市林業局承辦，建構兩岸林業碳管理的交流平台。中國綠色碳匯基金會創立於2010年，透過公共募款方式籌措綠色基金，推動植樹造林、減少伐木毀林、強化森林經營等工作，以因應氣候變遷及全球暖化之問題。



林業碳管理研討會開幕式(廖學誠 攝)

此次研討會共有72位專家學者參與，臺灣代表有6位，包括中華林學會、國立臺灣大學、臺大實驗林管理處、林業試驗所及國立臺灣師範大學等學者，加拿大代表也有6位，分別來自UBC林學院及卑斯省林業局專家，其餘60位人員則為中國大陸代表，包括相關的大專院校、政府部門及民間企業等單位。會議開幕先由前林業部副部長、中國綠色碳匯基金會劉于鶴理事長致詞，接著由臺灣代表中華林學會梁治文秘書長致詞，雙方都高度肯定林業碳管理之重要，並希望未來兩岸在此方面能多加交流。研討會舉辦一天，隔天上午主辦單位特地安排臺灣學者至當地名勝古蹟江心嶼參訪。

此次研討會共有16篇論文發表。臺灣方面有6篇論文，包括梁治文秘書長分析災後山區復育造林對森林生長量及碳吸存量之影響，臺大邱祈榮教授介紹臺灣林業碳匯管理策略，蔡明哲教授報告臺大實驗林人工林生長量與碳吸存，林試所林俊成組長發表平地造林計畫及參與碳交易機制之評估，臺大實驗林賴彥任博士簡介碳通量觀測成果，個人則分享社區林業計畫民眾參與造林護林工作對增匯減排之效益。加拿大方面則有4篇論文，UBC林學院長Dr. Innes報告碳匯問題與碳匯林業發展的國際趨勢，Dr. Sheppard教授發



林業碳管理研討會參與踴躍(廖學誠 攝)

表視覺技術在氣候變遷情境下於區域低碳經濟發展之應用，Dr. Wang介紹美國及加拿大碳市場與林業碳匯的最新發展，Dr. Li則分析不同區域碳計量模型的對比與應用。另外，中國大陸方面也有6篇論文發表，中國綠色碳匯基金會李怒云秘書長介紹中國林業碳管理的探索過程與實踐方法，國家應對氣候變化戰略中心馬濤博士報告中國因應氣候變化之重要政策，浙江農林大學施擁軍教授則針對竹林固碳功能與計量方法進行深度分析，溫州市林業局林傳平副局長介紹當地碳匯造林現況，中國標準化研究院劉玫研究員則向與會學者說明中國溫室氣體管理標準體系，最後，中國綠色碳匯基金會李金良總工程師則以實際案例介紹森林經營增匯減排之方法。

此次研討會除了增進兩岸在林業碳管理上的相互瞭解外，也有助於未來的進一步交流，包括兩大面向。首先，在技術面向，臺灣方面針對不同的樹種及林齡有詳實的生長量資料，並有碳通量觀測塔設置，大陸方面則對竹林的生長特性與碳匯能力有深入研究，未來兩岸間可進行資料分享及技術交換，尤其是針對碳匯計量方法可彼此相互學習。其次，在政策面向，臺灣的林業碳管理策略及相關政策如平地造林計畫、社區林業



溫州市江心西塔具有千年歷史(廖學誠 攝)

計畫等，鼓勵民眾參與造林護林工作，應值得大陸參考，同樣地，大陸陸續推動的應對氣候變化策略、低碳省區與低碳城市試點、乃至於碳匯造林技術規定、林業碳匯交易標準及規則等，也都值得我們借鏡。

結語

APFNet舉辦的「氣候變遷下永續森林經營的策略與方法」工作坊提供給所有亞太經合會經濟體成員參加，免報名費外，並資助交通及食宿費用，除了可以學習氣候變遷最新觀念及相關應用程式外，更可藉此機會與其他國家林業幹部認識交流，機會相當難得，未

來若有相似工作坊，臺灣應派代表積極參與，此外，加拿大UBC所提供的氣候變遷電腦程式及策略方法，臺灣可考慮與其合作，共同向APFNet申請計畫，提供樣區進行測試，並與亞太其他國家樣區分析比較、建立網絡。

另一方面，為了因應氣候變遷衝擊，林業碳管理日益重要，碳林業(Carbon Forestry)已漸成顯學，與政治經濟緊密連結，並陸續應用於都市規劃、保護區經營管理、社區發展及交通建設等面向。此外，透過碳林業相關交易機制之建立，搭建民間企業、公民社會及政府部門的交流平台，確保地球環境及人類社會的永續發展。♻️