

當森林遇見氣候變遷

—美國東南部PINEMAP計畫與Southeastern Forests and Climate Change課程模組簡介

文／圖 ■ 曾鈺琪 ■ 美國佛羅里達大學森林資源與保育學群訪問學者（通訊作者）

李 潔 ■ 美國佛羅里達大學森林資源與保育學群博士候選人

Martha Monroe ■ 美國佛羅里達大學森林資源與保育學群教授

一、前言

森林是臺灣重要的環境資產，森林覆蓋率達 58%，從生物多樣性的保存、水土保持與防災、農業生產、甚至是氣候變遷的減緩與調適等重大的環境 - 社會議題，幾乎都與森林息息相關。特別在 2012 年行政院公布的「國家氣候變遷調適政策綱領」中，林業也是一個重要的二氧化碳減緩及調適策略。

臺灣森林的經營管理歷經許多不同的政策階段，除了從日治時期以來的伐林與植林業務外，林務局從 1964 年開始推展森林遊樂業務，迄今已開放 18 處國家森林遊樂區。2002 年為因應國內日漸流行的登山健行風氣提出「國家步道系統計畫」，目前共規劃有 18 個國家步道系統、141 個區域步道系統，至少 159 條路線。2005 年起陸續建置東眼山等 8 處自然教育中心規劃環境教育課程與活動，不但成為學校師生認識森林的最佳窗口，更提供周遭社區與其他社會團體深入認識臺灣森林生態與經營的機會。

筆者有幸於 2008 年參與林務局建置自然教育中心的計畫，協助成立羅東自然教育中心，並在 2009 年到美國西雅圖 Island Wood 森林學校參與研究生實習計畫（這個中心即是臺灣建構與推展自然教育中心時的重要參考原型）。因本身對環境教育課程研發與評量極有興趣，也曾參與東眼山自然教育中心的課程模組發展工作，同時也協助國家公園的環境教育課程發展。

今（2015）年筆者因獲得科技部博士後赴國外研究補助，至美國佛羅里達大學農業與生命學院的森林資源與保育學群（School of Forest Resources & Conservation）進行博士後研究，因而接觸 The Pine Integrated Network: Education, Mitigation, and Adaptation Project（簡稱 PINEMAP）計畫，並在該計畫的教育研究團隊中學習相關的課程評估與研究工作。這個計畫主要在研究氣候變遷趨勢下美國東南部森林未來的經營策略，並在中學推動氣候變遷與森林教育。

雖然近年教育部投注大量經費推動氣候變遷教育，發展大專院校的通識與部分專業課程，以及國中小的氣候變遷補充教材，但臺灣豐富的森林資源並未獲得太多關注。所幸林務局部分自然教育中心發展了針對國小高年級至國中的相關課程，例如東眼山自然教育中心的森林碳測術等課程，讓臺灣學生能在正規教育之外還有機會學習森林及氣候變遷議題。自然教育中心的教育伙伴已站在結合氣候變遷、森林生態及林業經營進行環境教育課程設計的最前線了。

但整體而言，在所有自然教育中心 2015 年課程手冊所提供總計 237 個課程活動中，與氣候變遷或全球暖化相關的戶外教學課程有 5 個，其中包含 2 個國小課程及 3 個客製化的專業研習活動，且主題偏向碳存量的測量或碳循環簡介。因此若要發展更完整的課程，除結合近年與英國田野學習學會合作的科學調查課程來培養學生的基礎科學素養之外，美國的 PINEMAP 課程模組也是值得考慮的選項。這也是筆者亟欲介紹和分享這套課程模組的初衷。

但礙於篇幅限制，本文僅初步介紹 PINEMAP 計畫的背景與整套課程模組的架構及發展歷程。未來若有機會，筆者也會陸續介紹這 5 套教學模組的核心教學單元與內容，希望能引發更多結合氣候變遷與森林生態的課程想像，並增進以森林為基礎的環境教育跨國交流機會。

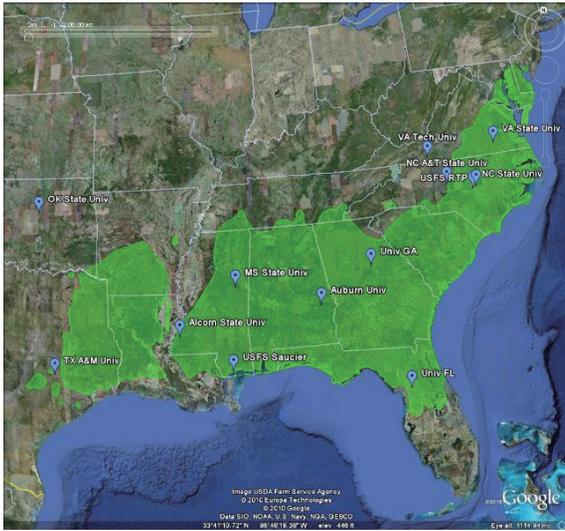
二、PINEMAP 計畫簡介

PINEMAP 是 2011 年美國農業部 (United States Department of Agriculture, USAD) 與國家糧食與農業研究所 (National Institute of Food and Agriculture, NIFA) 合作支助的 3 個大型整合型農業計畫 (Coordinated Agriculture Projects, CAP) 之一。CAP 計畫的目標在鼓勵農業和林業生產者採取增加碳吸存和調適未來氣候變化的經營管理措施，這是美國少數幾個正式針對氣候變遷議題而提出的大型農業計畫。其中，PINEMAP 計畫針對的是大西洋與墨西哥灣沿岸各州人工種植的工業用或私人松樹林 (Loblolly pine)，這些松樹林占了美國東南各州人工植林的 80% 以上，並在 2009 年提供了 100 萬個工作機會，以及 510 億美元的新資。

PINEMAP 計畫由美國東南部 11 個大學 (含其實驗林地)、林務署、各州氣候學家、以及 Project Learning Tree¹ (PLT) 等團隊共同合作，計畫內容共分成研究 (research)、教育 (education) 與推廣 (extension) 三大部分：第一塊是氣候變遷與森林的相關基礎研究，第二塊是正規與非正規教育的教學模組發展與評量，第三塊是讓林業經營者能夠運用最新科學知識技術進行森林管理的實務推廣工作。該計畫從 2011 年正式啟動，今年恰巧是最後一年、也是所有的課程模組發展得最成熟的一年，相關的教育評量研究也陸續發表中。

本文主要介紹教育與課程的部分，亦即美國東南部森林與氣候變遷的高中模組課程 (Southeastern Forests and Climate Change,

SFCC)，並簡要說明此課程如何將目前與氣候變遷及森林有關的研究成果運用在中學（特別是高中）課程，使學校教師獲得知識和工具進行相關學科教學，並讓中學生能及早認識氣候變遷與林業相關議題。



▲圖1、美國原生種火炬松（loblolly pine/Pinus taeda L.）的分布範圍、以及參與PINEMAP計畫的研究單位（圖片由PINEMAP網站提供）

三、SFCC 課程創意 - 以森林推動氣候變遷教育

雖然各地的氣候變化型態與趨勢不盡相同，也難以百分之百精確預測，但氣候變遷是所有國家不得不面對的重大環境議題。在介紹課程模組之前，若能瞭解美國社會如何看待氣候變遷，就能理解發展這套課程所面臨的困難和挑戰，以及創意和價值。

不像臺灣社會快速接受和使用氣候變遷或全球暖化這些詞彙，在美國，不同政治與社會團體經常對氣候變遷的真實性存有不同的見解與立場，使氣候變遷成為一個極具爭

議的社會、政治，甚至教育議題，例如筆者所在的佛羅里達州就不准在政府部門與教育單位使用氣候變遷一詞。

在這樣的背景下，要發展氣候變遷相關森林教育就會面對許多挑戰：首先，氣候變遷涉及龐大、複雜且深奧的大氣、海洋、森林、生物等科學研究資料，對學校教師來說，解讀、瞭解和運用這些艱澀的科學知識進行課堂教學並非易事；其次，教師需經常面對與處理班上學生及家長在氣候變遷信念與態度上的衝突問題。其三，對學生來說，由於氣候變遷指的是長時間、大尺度的變化，除了偶發的極端天氣外，科學圖表與數字所描繪的現象很難在日常生活中直接觀察到，因此如何讓學生易於瞭解和運用氣候變遷相關知識就成為課程規劃上的難題。

為了培育未來的森林經營人才並解決前述教育難題，PINEMAP將氣候變遷與農業及林業結合，讓學生在學校的科學課程及日常生活的林產品消費中，學習氣候變遷與林業的基本概念，讓氣候變遷這類較為抽象的全球性議題有機會藉著森林而在地化，讓學校師生瞭解當地的氣候變遷及森林議題，而不只是關切遠方的環境變遷。

四、SFCC 高中模組課程簡介

（一）主要對象

這套課程的主要對象是9～12年級的（高）中學生及高中生物、生命科學、環境科學等學科的教師，但社會和語文教師也能在相關的課程中運用這些活動。雖以9～12年級

為主，但教學單元在設計時有向上與向下延伸的教學建議，只要稍做調整就可運用到 6～8 年級的基礎環境科學課程，甚至大專院校教師也可採用部分課程單元進行教學。因此這套課程的運用範圍很廣，除能運用在 6 年級到大專生的學校課程，也能在環境學習中心使用。

（二）教學內容與評量

這套模組參考學生年齡（發展心理學）、以及相關教育理論、教學原理及教育研究資料、以及高中學科領域課程標準（例如 Science, Technology, Engineering, Math、Next Generation Science Standard、Common Core State Standards、PLT 概念架構），並由超過 140 名地球科學、森林、生物、教育等領域的專家學者及研究生、學校教師一起發展的成果，課程內容也經 33 位森林（含林業）、氣候與教育學者審查。其學習內容包括：（1）森林碳循環、（2）森林生態系與基因庫、（3）氣候與森林生態變化電腦模式、（4）林產品生命週期檢測、（5）氣候科學的基本概念、（6）氣候與森林科學數據和圖表解讀能力、（7）科學寫作技巧、（8）批判性思考（critical thinking）能力、（9）系統思考（system thinking）能力等。

這套模組在發展之初就已進行需求評估，因而能針對美國東南各州科學教師的期望進行設計。在 2013 年更邀請 64 位國高中教師在學校試用模組並進行形成性評估，評估結果顯示學生在知識、技能、態度有顯著提升。目前研究團隊正在進行總結性評估工作。迄今，這

些評估研究成果已有 4 篇發表在學術研討會，7 篇發表在有審查制度的學術期刊中，整個模組發展過程極為嚴謹。

（三）總目標與課程架構

整體而言，這套模組的目標是幫助學生擁有以下知識和能力：

1. 幫助學生瞭解氣候變遷對美國東南部森林的衝擊。
2. 瞭解森林的經營管理能協助減緩和調適氣候變遷的影響。
3. 培養學生決策能力並成為明智的林產品消費者。
4. 培養學生系統思考能力以理解氣候、森林與人們生活的關連。
5. 研提減緩和調適氣候變遷影響森林的個人和社區行動。
6. 讓學生願意在未來成為共同解決氣候變遷的環境公民及森林保育社群成員。

在此目標下，這個模組共規劃了 5 大組課程共 14 個教學活動（請見附表 1）。

五、強化森林與氣候變遷的結合 - 臺灣森林環境教育新方向

在臺灣，森林的健康與否關係著國土安全，因此氣候變遷對森林的影響不容小覷，加上目前結合森林與氣候變遷的環境教育課程方案仍不多見，因此若能參考 PINEMAP 課程進行課程研發，將對臺灣以森林為基礎的環境教育帶來以下益處：

1. 由於 PINEMAP 是一個整合森林與氣候研究、實務策略研發及教育推廣的大型計畫，因此若能像 PINEMAP 將林務局及森林相關單位的研究成果進一步轉化和運用在森林相關的教育活動，就能提高臺灣社會對森林的關注。
2. 協助林務局所屬自然教育中心發展更豐富的氣候變遷課程，除了碳循環概念與單一樹木的碳儲量計算活動之外，還可發展森林與氣候變遷歷史步道、林產品週期調查、森林經營調適策略等課程（詳細的教學模組將來有機會再逐一撰文介紹）。
3. 協助自然教育中心發展高中課程，並結合各中心已推出的到校服務方案，幫助學校教師進行森林生態與氣候變遷方面的教學，使中學生在正規的教科書之外，有更多機會認識和學習臺灣森林，及早為臺灣培育森林保育和氣候變遷人才。♻️



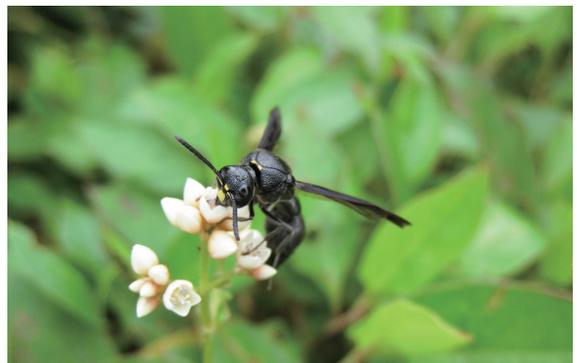
▲圖2、2012年暑假學生參與課程模組試教活動的情形（本照片由PINEMAP計畫成員Jessica Ireland攝影）

謝誌（acknowledgments）

本文感謝參與PINEMAP計畫的眾多科學家、教育學家及學校教師，特別是負責課程研發與評估的佛羅里達大學農業與生命學院森林資源與保育學群的環境教育研究室（詳細計畫參與者名單請見Southeastern Forests and Climate Change第4-8頁）。The Pine Integrated Network: Education, Mitigation, and Adaptation project（PINEMAP）是由美國農業局和國家糧食與農業研究所資助的整合型農業計畫（計畫編號Award #2011-68002-30185）。若需轉載或引用本文圖片或照片，請至PINEMAP網站（<http://www.pinemap.org/photos>）參閱相關著作權使用說明，必要時請聯繫該照片或圖片之作者／攝影者。

參考文獻（請洽作者）

註1：這是由美國森林基金會（American Forest Foundation）支持的一個全美的環境教育計畫。這個計畫從1973年開始發展，其目標是透過森林和林業為窗口，培養K~12年級學生的環境素養。



（圖片／高遠文化）

附表 1、SFCC 課程模組結構簡介

組 / section	主題 / theme	活動 / activity
1. 氣候變遷與森林	介紹科學家如何研究並觀察氣候及天氣變化對森林生態系統帶來的影響	<p>1. 走過氣候科學 藉著氣候監測資料與環境政策的歷史步道活動，回顧並探索森林和氣候的關係。</p> <p>2. 從科學證據澄清個人觀點 透過角色扮演討論社區現況並決定溫室氣體減量策略和計畫。</p> <p>3. 氣候變遷動態地圖 使用已發展好的網路資料庫，預測未來氣候變化趨勢及一百年後的森林生態變化模式。</p>
2. 森林經營管理與調適	林業經營者如何因應氣候變遷可能改變降水、地表溫度和極端天氣的頻度，以創造更具韌性的森林。	<p>4. 改變中的森林 瞭解科學家如何監測森林變化並嘗試尋找維持森林健康與韌性的策略。</p> <p>5. 為變遷做準備的森林管理 學習使用各種系統性的圖表，規劃和建議最佳的森林經營模式。</p> <p>6. 繪製種源 學習分析松樹的性狀及判斷種子的來源和品質，以選取最能適應氣候變化的松樹。</p>
3. 碳吸存	探索和瞭解如何將碳儲存在樹木、土壤及林產品中，進而減少碳回到大氣的機會。	<p>7. 移動中的碳 瞭解碳循環、增加或減少碳的途徑和方法。</p> <p>8. 計算碳 計算校園中單一樹木的碳存量，而後推估學區或該州土地利用所儲存的總碳量，再與該州人類活動的總排碳量做比較。最後討論森林如何協助吸收碳。</p>
4. 產品週期檢測	介紹環境成本外部化的概念與問題，使學生學會評估產品的碳足跡並發展個人的消費原則。	<p>9. 真實的成本 藉由購物活動瞭解消費所產生的環境衝擊，以及環境成本外部化的問題。</p> <p>10. 探索產品週期 學生調查並比較三種戶外餐桌產生的溫室氣體數量，然後思考自己的購物選擇。</p> <p>11. 產品週期檢測的辯論 評估與比較四組相似的產品，並討論產品排放的溫室氣體後做出消費選擇。</p>
5. 改變與解決方案	總結前述課程習得的概念，並激發學生參與永續森林的相關行動。	<p>12. 碳謎團 利用科學研究數據和工具，瞭解造林、林產品、森林演替減少大氣碳含量的方式。</p> <p>13. 森林的未來 從六個氣候變遷相關社會團體的觀點回顧活動中習得的所有概念，並提出最佳的森林經營策略。</p> <p>14. 啟動新的氣候變遷服務學習計劃 選擇並完成一項行動計畫，以減緩碳排放或協助社區成員調適氣候變遷。</p>

註：本表翻譯與整理自 Monroe & Oxarart 等 (2014) 編輯之 Southeastern Forests and Climate Change 教材 (更詳細的活動教案及補充教材請見 <http://sfrc.ufl.edu/extension/ee/climate>，可於登記後免費下載英文版)。