

出國報告（出國類別：研習）

波特蘭世界林業中心研習—
木質生物炭料源供應、產銷與應用
出國報告書

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：鄭美如 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：107年4月2日至10月2日

(107年3月27日至10月10日)

報告日期：107年12月18日

關鍵詞： 生物炭、木質生質料源、供應鏈

內容摘要：

美國的生物炭相關研究與利用於近十年逐漸發展，本次研習目的是利用地利之便，就教於相關的專家學者與實踐者，實地訪查生物炭料源供應與循環利用機制，以提升生物炭旗艦計畫的執行及建構國內生物炭循環地圖。本次研習除收集了很多生物炭料源供應及產業相關的研究與報導，並訪談了許多生物炭料源供應及應用的研究學者與業者，美國多數生物炭生產大廠有長期合作伐木商或製材廠提供剩餘木質料源，但生物炭的供需鏈上仍有很多未知的層面需要釐清與改進，如燒製設備、燒製方式、性質及施用量與經濟效益等，均須投入更多的研究。臺灣雖無法以伐採林木時的剩餘木質物料做為生物炭料源，但台灣為水果王國，有大量的果樹修枝及木質廢棄物、太空包、稻殼等可為生物炭源料。目前生物炭旗艦計畫架構中無包含料源處理與運輸方式及成本效益的研究，臺灣若要推展生物炭產業，應建立完善的生物炭供應鏈，從料源收集、運輸、處理、燒製、成品處理運送到推廣應用，並有效的計算成本效益，利用生命週期評估找出最適的生物炭產業的營運模式。

目次

內容摘要：	3
一、 研習目的	5
二、 研習過程	6
(一) 團體參訪	7
(二) 研習主題(生物炭生產鏈)參訪	27
(三) 專討及研討會報告	33
三、 重要心得	34
四、 建議事項	34
五、 附錄	36
(一) OSU 世界林業專題簡報檔	37
(二) Fellow Conference 簡報檔	39
(三) Final Presentation 簡報檔	43
(四) 回國後與生物炭計畫團隊分享之簡報檔	47
(五) 參訪生物炭業者及專家學者名單及其聯絡方式	53

一、研習目的

106 年度開始，本人參與行政院農業委員會 12 個所屬單位及 6 所大學共同執行的科發基金補助計畫「農業資源循環暨農能共構之產業創新」之子項計畫「農業炭化零廢棄技術創新」，除協助計畫統籌與彙整外，亦主持「生物炭料源供應及應用管理平台建構」單一計畫。該計畫擬從資源分布、料源處理、處理現況到終端使用，透過收集、彙整農地及林地相關 GIS 圖資並進行分析與運算，以及掌握各項生物炭料源生產、回收、利用與通路，建構管控流程，調節農業資材生產預測與剩餘資材配置，推演最佳的動態料源供應與回收利用鏈，完整呈現台灣各類農業資源資材及廢料分布狀況，做為循環經濟與廢棄物循環利用與研究發展的相關政策依據，期能達到零廢棄、全循環的目標。

美國的生物炭相關研究與利用於近十年逐漸發展，已有將生物炭應用於農業、園藝、環境治理和雨水過濾等領域的營利性公司及非營利性組織。根據調查，這個新興產業創造了超過 50 億美元的市值。而在西北太平洋地區的奧勒岡(Oregon)州是全美森林資源最豐富且木材工業最盛行的區域之一，在大量的木質廢料的循環利用中，生物炭(biochar)無疑的對其經濟和生態產生重大影響。另一方面，全美參與 US Biochar Initiative(USBI)的公私部門共 261 個，分佈於 45 州，其中奧勒岡州就有 63 個部門參與，佔了將近四分之一，可見生物炭的應用在奧勒岡州應該是非常活絡的。

本次研習目的是利用地利之便，收集奧勒岡州木質廢料及回收利用資訊，並就教於相關的專家學者與實踐者，實地訪查生物炭料源供應與循環利用機制，以提升生物炭旗艦計畫的執行及建構國內生物炭循環地圖，亦藉此累積林試所生物炭相關國際研究與產業網絡資源。

二、研習過程

本次研習地點位於美國奧勒岡州(Oregon)的波特蘭市(Portland)的世界林業中心(World Forestry Center, WFC)，世界林業中心為一非營利性的林業組織，該組織由梅洛基金會(Merlo's foundation)支助，而本次研習計畫(International Fellowship Program)為該中心所屬的世界森林研究所(World Forest Institute, WFI)所辦理的，每年 7 月公開徵求世界各國人士提出林業相關研究主題進行申請，經過審查與面試之後，錄取 5 至 8 人至該中心進行研習。該基金會提供整個計畫所需費用的一半，5000 美金，另一半則由錄取者自籌。由本所所薦送並經錄取者所須支付的 5000 美金，由企業家吳亮宏董事長慷慨捐增本所 16 萬台幣來支應，其餘費用則由錄取人員自付。

本年度除了本人之外，另有 4 名分別來自荷蘭、泰國、越南及中國的成員一起完成這次的研習。研習期間從 4 月 2 日報到開始，歷時 6 個月，直至 10 月 2 日結業，期間計畫經理(program manager)會安排一系列的演講與戶外參訪活動，每次演講與活動結束後均需要進行線上意見回饋，每兩周進行一次工作會議，討論接下來的兩周的行程安排，包含演講、參訪與工作等，亦須報告個人研究行程安排。

關於個人的研究專題，WFI 人員會隨時提供每位學員相關的網路訊息及可能可以拜訪的專家學者或業主資訊，由學員自行聯繫預定拜訪的人員，而中心可提供公務車或協助開車接送。另外，每位學員須於期初(4 月中)、期中(7 月初)及期末(9 月初)分別與 WFI 人員進行研究規劃與執行情形報告，以確認研究專題是否可如期達成預定目標與成果。

除了在 9 月中旬進行研究成果公開發表外，計畫經理也安排我們在 5 月中旬去奧勒岡州立大學(Oregon State University, OSU)進行一堂世界林業的專題分享，介紹自己國家林業相關的議題，及 7 月中旬的研討會(Fellow Conference)公開分享自己在職工作的成果，所以整個研習過程是十分緊湊與充實的。

(一) 團體參訪

1. 日期：2018/04/03(二)

主題：Urban Forest: Forest Park Conservancy

地點：Holman Lane Entrance Forest Park

接待解說：Marshall

參訪摘要：

本次戶外參訪時間較短，主要說明靠近森林區域的庭院栽植外來種植物，如常春藤、冬青等影響森林中原生物種的生長，尤其常春藤危害最甚。當天解說員 Marshall 為我們說明了整個林地恢復計畫的做法(圖 1)，目前利用化學製劑的噴灑及人工除蔓去除，來恢復原始物種的生育環境，但因資金缺乏，所以進行得非常緩慢。



圖 1：解說員 Marshall 為我們講解整個計畫內容

2. 日期：2018/04/11(三)

主題：Urban Forest

地點：Washington Park

接待解說：Shadia

參訪摘要：

這天是由本計畫的經理 Shadia 帶領我們就近參訪世界林業中心(WFC)所在的華盛頓公園(圖 2)，華盛頓公園是波特蘭最古老的公園之一，始於 1871 年。1903 年起進行一些建設與改變，如名稱、入口位置、道路與人行道等，以及栽植本地物種。該公園名稱於 1912 年正式由城市公園改為華盛頓公園。公園於 1922 年擴建了 160 英畝，之後也逐漸擴展，並建立了 Hoyt Arboretum(霍伊特植物園)。該公園每年辦理多次活動及各項森林相關的調查訓練，已成為波特蘭市最重要的都市森林之一。



圖 2：與本計畫的 Shadia 於華盛頓公園合影

3. 日期：2018/04/21(六)

主題：Thinning Young Stands Field Workshop

地點：Schlechter Farm, Salem

接待解說：Chuck Schlechter, Glenn Ahrens, Brad Withrow-Robinson, Mike Messier.

參訪摘要：

此次行程是我們國際學員們自行報名的活動，由奧勒岡州利大學 (Oregon State University, OSU) 主辦，教林農如何判定林分密度是否已達疏伐程度(圖 3)。

- (1) 以三種不同齡林的花旗松(Douglas fir)林地作為示範，一個是 30 年生，栽植密度為 10*10 英尺，於 20 年生時進行第一次疏伐，29 年生時進行第二次疏伐，於第二次疏伐時有可製材的原木及製漿材的收益；第二個是 23 年生的林地，栽植密度一樣，為了商業價值，已進行了一些疏伐；第三個是 21 年尚未進行疏伐。
- (2) 三種林地可以明顯看出不同，疏伐過的林地有生長非常好的目標林木。
- (3) 課程中提供林分密度危險度判定表，讓學員實際操作如何判定林地的密度是否已經達危險需要疏伐的程度。
- (4) OSU 的推廣計畫十分實用且辦理頻繁，很多林主其實沒有林業相關知識，需透過參與這些推廣教育活動獲取營林知識。



圖 3：活動期間每位林主都相當認真

4. 日期：2018/04/27(五)
主題：USFS Land (federal land-recreational use)
地點：Columbia River Gorge, OR
接待解說：Bradley Siemens, Lily Palmer, Cara Farr
參訪摘要：

本次的戶外參訪活動旨在了解該地區的森林經營方式(包含森林遊樂)及火災的影響與復育，由 USDS 三為相關的工作人員為我們介紹(圖 4)。主要內容如下：

- (1) **Columbia River Gorge National Scenic Area (NSA)**於 1986 年成立，目前僅約 1/3 為聯邦的林務署(**Forest Service, FS**)所有。此一區域的私有林主可保有林地，出售經營權，但交易前須提交經營計畫，經營方式受到一些限制。
- (2) 因為去(2017)年森林大火，目前仍有很大部分森林區域仍關閉。另在開放區域中，若經評估之後，凡有危險的林木，均砍伐移除，以降低危險。
- (3) 火災之後建立了 **Burned Area Emergency Response(BAER)**系統，若發生緊急狀況，10 天內可完成所有所需資源，並開始執行必要工作。
- (4) 火災過後的步道恢復，有聯合的非營利組織協助，由志工協助進行，約占 50%，另外有 **National Forestry Foundation** 可接受民間捐款。



圖 4：與本次參訪所有解說員合影

5. 日期：2018/05/01(二)

主題：Family Own Medium Size Forest Land Ownership

地點：Port Blakely, Mollala, OR

接待解說：Lance Christensen (Area Manager) Bonny Glendenning
(Environmental Educator)

參訪摘要：

Port Blakely 是第五代家族企業，為通過 Sustainable Forestry Initiative® 認證的公司，該公司除了供應太平洋西北地區原木外，也重視環境教育工作，目前已超過 8 萬 7 千名學童參加過她們所辦理的森林教育解說活動。

- (1) 當日上午跟隨小學 2 年級學生的環境教育解說活動。該活動每年辦理期為 3 月中旬到 6 月中旬及 9 月中旬到 11 月中旬，每週一到週五進行。每位小朋友會有活動護照，解說員會先帶領小朋友進行路線說明，然後每站進行簡單說明後，會出幾個問題要小朋友回答，然後依護照上的題目進行小組實際操作。
- (2) 活動的互動性相當高，重思考，並給予簡單易懂的觀念，如該公司自行設計的「碳容量」尺(圖 5)，且美國的小朋友參與度極高，對於小組活動也十分積極。
- (3) 該公司將持續購買小林地，自己持續經營，不以購買林地為投資標的。原木出口時看品質來分級，注重原木通直度，因為彎曲的原木佔空間，船運價格變高。美國公有林需要經製材後才能出口，而私有林可以以原木形式出口。該家族企業的 US Forestry 公司將原木賣給子公司 PLS International 後再進行出口。
- (4) 該公司林地的花旗松(Douglas fir)疏伐時間約落在 25 年到 35 年間，其估算方法為目視胸高直徑(DBH)平均約為 9 英吋時進行疏伐，疏伐強度以樹冠有三面有空間可以生長，一面可以碰觸到另一棵樹為原則，不進行疏伐木的標示(哪棵樹需要砍伐)，疏伐後的密度約 200 棵/英畝。輪伐期為 45~60 年，DBH 約 16 英吋。近年因 carbon credit 的原因，可能延長輪伐期，但亦需考慮市場需求及製材廠的去皮機是否可以容納大直徑的原木，以決定輪伐期。

- (5) 皆伐面積以不超過 60 英畝為原則，但若是因為天災，如火災、暴風等，則會擴大皆伐面積。皆伐後大約 1.5~2 年後進行造林，栽植後的 6 年內需要進行撫育，以免讓其他植物成為優勢種，或因雪害，需進行補植。
- (6) 參訪的皆伐採作業區是 65 年生的林地，收穫機上有電腦可以直接取得原木直徑及長度，計算裁切下來的原木材積，並由有經驗的操作員決定每支原木的裁切長度。每日伐採後須將報告送給公司，會有專員檢查內容，並與原本預估的資料進行比對，若有問題，隔日直接與現場操作員進行確認與溝通，非常即時。皆伐地上若有有價值的 Maple(楓樹)，則會伐採收集，出售做為木片漿材之用。
- (7) 所有木質廢料因為運費太貴不進行出售，均堆起來燃燒或放置於林地。



圖 5：Port Blakely 所設計的“碳容量”尺，用於解說教育，教導學生根據樹木的直徑得知樹木吸存了多少碳量。

6. 日期：2018/05/10(四)

主題：Freres Forest Products-Veneer and Mass Plywood Panel Production

地點：Freres Lumber Inc., Lyons, Oregon

接待解說：Tyler Freres / Vice President of Sales

參訪摘要：

該公司為一家族企業，目前為美國西岸最大的合板(plywood)製造商，並以先進的一貫化製程設備生產合板，擁有 480 名員工及 80 輛卡車。其原木有 85%來自聯邦政府林地，15%來自自有林地。原料均為疏伐的小徑木(如圖 6)，直徑太大的機器無法作業。

- (1) 原木去樹皮後會先蒸煮(華氏 120 度)，再進行刨切，電腦會依據原木品質決定刨多少的單板與留下多少心材出售。心材多銷售至中國、日本跟韓國。合板多銷售加拿大跟台灣。
- (2) 該公司購入發電渦爐，以生產過程中所產生的木材廢料為燃燒物，所生產的電力尚有 20%可以出售給附近居民(有合約，約 5000 個家戶)，燃燒過後的灰出售給肥料公司，混入肥料中。
- (3) 關於新產品 mass plywood panel(MPP, 世界首創)，機器於去(2017)年 3 月進貨組裝，當年 12 月開始生產。目前 MPP 產線 8 名員工，若有 14 名員工，則生產力可滿載。目前正積極發展與推廣其用途。

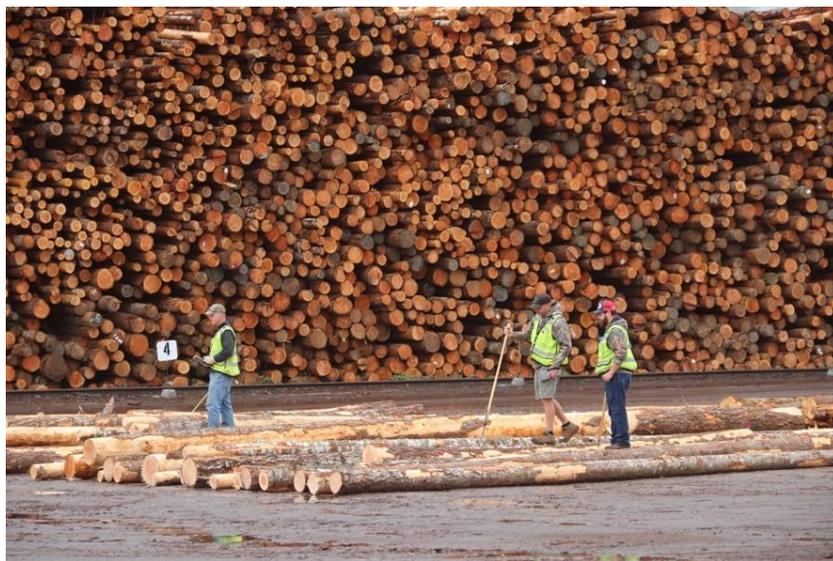


圖 6：檢尺員後方為巨量的小徑原木。

7. 日期：2018/05/19(六)

主題：Innovative Forestry Techniques Field Tour

地點：Oregon State University's McDonald Forest and Chip Ross Park,
Corvallis, OR

接待解說：Colleen Robinson, Klaus Puettmann

參訪摘要：

本次活動為我們國際學員們自行安排之行程，主要介紹 **College of Forestry Integrated Research Project (CFIRP)**，該計畫在森林裡進行不同齡級、不同疏伐程度的天然更新試驗。另在 **Chip Ross Park** 中則進行林相改良，砍伐了公園中的花旗松，留下闊葉樹(主要為橡樹)，並播撒了 3-4 種原生的草本植物(都是草)，以覆蓋林地(圖 7)。砍伐下來的木材出售，並回饋給該計畫進行後續的維護。此一做法值得我們參考。



圖 7：Chip Ross Park 中經過清理後留下乾淨清爽的橡木林

8. 日期：2018/05/23(三)

主題：Family-Owned Forest Products

地點：Hampton Lumber, Willamina, OR

接待解說：

參訪摘要：

該公司為第三代家族企業，目前擁有超過 1,600 名員工、美國 9 家製材廠及加拿大 2 家製材廠，其中 Willamina 製材廠為全美最大，全球第八大，約有 20% 的產品銷售至臺灣及中國大陸。每天約有 150 輛原木卡車運送原木。該公司總共擁有 12 萬英畝(Oregon 州及 Washington 州)的林地及經營約 30 萬英畝公有林地，但其產量僅可以提供該公司約 10% 的林木需求，90% 的林木買自聯邦政府及州政府的林木伐採、私有林等。

- (1) 該公司的林地的花旗松(Douglas fir)輪伐期為 40-60 年，為了需要，15-20 年進行疏伐，或 25 年時進行疏伐。伐木作業是與其他伐木公司長期合作，造林部分亦與苗圃公司長期合作，苗木種原來自原林地生長優良的樹木，採種後於苗圃培育。
- (2) 原木的 75% 生產主要產品(製材)，其餘部分亦製成其他產品出售，如樹皮部分賣給生質能源公司，木片賣給紙漿公司。
- (3) 該公司的整個製程導入電腦化，電腦可依據原木的形狀及大小體積來規劃如何裁切(包含長度、計算如何裁切成各種不同的板材)，機器可自動將原木轉向裁切，甚至是弧形，提高了利用率；裁切下來的板材亦立即掃描出各項資訊並自動分級(圖 8)，大幅降低人力。注重作業安全，並因此改善作業流程。



圖 8：每片板材經過掃描機後，立即呈現整片板材各部位的密度影像與數據，做為下一步驟自動分級的依據。

9. 日期：2018/05/25(五)

主題：Local Furniture Maker-The Joinery

地點：The Joinery, Portland, OR

參訪摘要：

本次所參觀的是一家手工家具製造公司，非常注重品質，所有產品全部由師傅手做，從選料、設計到完成，主要部分會由資深師傅親自挑選與製作(圖 9)，較不需要高深技術的則由資淺師傅進行。顧客下訂後，師傅才開始選料製作，所以每個家具都是獨一無二的，相對的，價格也不低。



圖 9：每個家具都是師傅手工悉心製作的

10. 日期：2018/05/31(四)

主題：Industrial Forest Management, Weyerhaeuser / Mt St Helens Monument

地點：Weyerhaeuser Forest Learning Center, Johnson Ridge Observatory, Mount St. Helens, Washington

接待解說：Mark Sheldahl / Forester, Molly Rasor / Inventory Forester

參訪摘要：

Weyerhaeuser 是世界上最大的林地擁有者，也是一家具垂直整合的木材公司，擁有林地和所有的生產設施，並為前 500 大的上市公司。該公司生產 22 種不同的原木種類，由於當地的製材廠產能，小尺寸的原木留在國內市場。儘管生產量很高，但 Weyerhaeuser 每年僅伐採 2-3% 的西北地區林地，以確保林木的永續性收穫。Weyerhaeuser 遵守州政府的 "green-up" 法規，並將連續性的皆伐面積維持在 240 英畝以下。此外，該公司亦於魚類生育的溪流保持 128 英尺寬的緩衝區，因此大約留有 15% 的區域不進行林木伐採。在皆伐地，Weyerhaeuser 每英畝至少留下 5 棵樹，這些環境實踐作為使 Weyerhaeuser 能夠結合商業需求與生態保育的可持續性。

此外，聖海倫火山爆發後，該公司積極造林，於火山爆發後第 7 年時完成造林，目前已經接近商業疏伐階段。該公司林地在新造林期間，有噴

灑農藥，以抑制其他競爭植物，並在造林期間進行 2-3 次的施肥，完全是商業經濟的模式在經營其林地(圖 10)。且其砍伐後的剩餘枝條處理是移走部分的枝條後，進行焚燒，回饋土壤，之後再將移走的枝條移回，以覆蓋林地。



圖 10：解說員為大家解說 Weyerhaeuser 伐木造林的作業方法與程序

11. 日期：2018/06/08(五)

主題：International Wood Products

地點：Vanport International, Inc., Boring, Oregon

接待解說：Adolf Hertrich / Chairman, Martin Hertrich / Vice President

參訪摘要：

該公司的董事長 **Adolf Hertrich** 為德國人，移民美國後在密西根大學修習林業，畢業後於美國林務署工作 7 年之後開始發展自己的事業。**Adolf** 專注於日本市場，為了做日本生意，不僅派人到日本考察其木材標準與要求外，還主動接待許多來美國研習林業相關或求學的日本學生或林業業者的第二代，進行資訊交換。另外，也自日本請了資深的木工師傅，打造了一棟日式房屋做為展示(圖 11)。該公司有效掌握日本的木材強度與外觀分級系統，並成為日本以外第一家獲得日本政府級別標章的公司，將最高品質的木材銷售到日本，並在日本開設公司與銀行戶，直接銷售，避免匯差。

其他較低等級的木材出售給當地的工廠，而 8 英吋以下的木材則出售給紙漿廠。

1990 年關掉自己的製材廠，專注在木材的進出口貿易上，木材來源主要是俄羅斯、德國、加拿大與烏拉圭，並協助一些小的在地林主及製材公司，以 vanport 的品牌出口，主要出口至日本與中國，每年的營業額亦高達 1~1.5 億美元。



圖 11：Adolf 與 Martin 在他們日本師傅所打造的日式房屋內為我們進行解說

12. 日期：2018/06/18(一)~2018/06/22(五)

主題：Forest Practices in Eastern Oregon, MC Ranch

地點：La Grande, Oregon

接待解說：Rex Christiansen / MC Ranch Manager, Jana Peterson / ODF Stewardship Forester, Francisca Belart / OSU Extension Harvesting Specialist, Tony McKague / Boise Cascade Log Buyer, Kaden Titus / Boise Cascade Log Buyer

參訪摘要：

本次參訪是到氣候與地理條件完全不同於靠近海岸的奧勒岡州東北部 La Grande 的 MC Ranch，進行為期五天的學習之旅，這也是這個計畫每年必須參訪的農場，因為此一農場為該計畫的贊助人 Harry Merlo 所擁有的。在 Rex Christiansen (MC Ranch 的經理)及他的家人、員工與同事們的介紹，讓我們學習到不同於西岸的森林經營模式(圖 12)。

Rex 不注視木材產量，較關注的是伐採後的天然更新。此外，牧場內沒有樹木標記或空中噴灑除草劑，種植數種松樹保持森林的多樣性以增強對病蟲害的抵抗能力。MC Ranch 所生產的木材除了進行原木販賣外，也與學校簽約提供薪材。

MC 牧場在野生動植物保護方面，以積極持續的管理為原則，在有魚生育的河流兩側保持 20 英尺寬的緩衝區，並減少伐木期間對河流與野生動物的影響。另一方面，我們也有機會與其他專業人士進行交流，如伐木商、OSU 的伐木評估員及奧勒岡州林業部(ODF)的管理員等。本次參訪所獲得的知識與心得如下：

- (1) MC Ranch 其實沒有很明確的經營目標(文件)，大概都是 Harry Merlo 與 Rex 用聊天方式討論出來的方向，會因為市場或大環境變動而變更。
- (2) 因為牧場裡的森林為混合林，且採擇伐作業，伐採的林木會依據不同樹種與直徑進行出售，形質較差及小徑木會賣去做紙漿，更差的部分會打成木片賣給合約學校當燃料(與學校有合約，如果牧場木片產量不足時，會去購買木片以補不足)。
- (3) 目前 Ranch 面積有 4,800 公頃，有森林也有牧草地，牛為放牧，牧場裡有許多野生動物，但也供打獵。之前的伐採地有持續造林，也因為有野生動物的踩踏與啃食等，需要持續補植。
- (4) 牧場中的一些橋樑，因其溪流為有鮭魚洄游，所以可以跟 ODF 申請經費改建(圖 13)，並一起規劃周圍地區的河道。
- (5) 牧場中的 Ponderosa pine 有些有病蟲害與寄生植物，有林務署(FS)的人(Jana)來協助辨識與處理，處理方式為砍掉焚燒。
- (6) 另有 OSU 推廣服務中心的人(Francisca)來協助林木收穫技術支援與指導。

- (7) 伐木者需要認證方可作業，且每年需要受訓，方可持續取得認證。
- (8) 牧場中的伐木廢材(slash)都燒掉，且因為氣候乾燥，容易引發森林火災，所以需要利用很短的燃燒期執行焚燒。
- (9) 牧場中有 28 個人造水池，除了供牛群喝水外，也提供森林火災時，直升機取水用。
- (10) 養牛之前有特別植草，以人工或直升機灑種子的方式種植。大約養了 700 頭牛，每年大約可以出售 20%。
- (11) 之前造林(700 英畝)發生苗木根系長不好或盤根或只往水平方向長，種植 3 萬棵，成活率僅 40-50%，每年陸續補植，但成活率仍不高。後因有 WFI 的國際學員來自澳洲的育林專業機構，改成從苗圃出栽時即修剪根系，成活率提高至 90%，前後總共植了約 77,000 棵。(互相學習的例子)



圖 12：Rex 為我們介紹農場邊界與整體環境



圖 13：Rex 為我們介紹造橋計畫的始末

13. 日期：2018/07/11(五)

主題：Watershed Management, Bull Run Watershed

地點：Bull Run, OR

接待解說：Tama Martellucci (Environmental Educator, Resource Protection & Planning)

參訪摘要：

Bull Run 集水區提供了大波特蘭地區約 100 萬人的飲用水，因為是飲用水的特別保護區，不對外開放，所以當天我們是參加了對民眾開放的一個導覽活動，由波特蘭的水資源局辦理，活動目的是提高民眾對公共飲用水的認識。

Bull Run 集水區約 147 平方英里，由美國林務署及波特蘭水資源局共同擁有和管理。距離波特蘭市僅 26 英里。Bull Run 水系統的建設始於 1892 年，包含兩座水壩(圖 14)，中間經歷了許多建設、變革與環境的破壞，在 2001 年，因為“the Little Sandy Protection Act” (小沙地保護法)在流域周圍增加了禁伐緩衝區，而讓 53%的 Bull Run 集水區仍為原始的老齡林。

區域內不能從事任何活動，包含觸碰河川的水，而原本水資源局對於該集水區的水僅利用重力沉澱方式提供乾淨的水，但近 10 年有一種隱孢

子蟲在美國各地汙染了水源，所以政府規定飲用水必須過濾，Bull run 的水雖然尚屬低汙染，但仍開始過濾水，以確保飲用水的安全。



圖 14：Bull Run 的水壩之一

14. 日期：2018/07/24(二)~2018/07/27(五)

主題：Forest restoration in national and state parks

地點：Redwood National and State Parks, California

接待解說：Jason Teraoka, Forester, Redwood National and State Parks

參訪摘要：

這次的參訪遠赴加州的紅木國家公園，為期四天，其中一天除了所有國際學員都要進行專題演講外，與美國國家公園管理局的林業工作者、科學家和歷史學家一起參加為期一天的森林管理解說活動。另外，來自洪堡州立大學(HSU)的研究生和來自非營利性拯救紅木聯盟的暑期實習生也加入了這個活動。

本次參訪國家公園的地質學家 Neal Youngblood 分享了紅木國家公園的歷史地圖(圖 15、16)和有關“殺路”計畫與執行，消滅了原本因伐木而建設的道路之後，對水質改善及水生動植物棲息地的改善有莫大的幫助。

國家公園管理林務員 Jason Teraoka 亦帶領大家參觀了 Lost Man Creek 相關的林業經營與管理，紅木森林裡利用種植花旗松進行林地復育，希望可以營造符合原生狀態的森林，提高森林的健康度。另一方面亦進行不同程度的疏伐，嘗試找出最適的林分密度。



圖 15：Neal 為我們解說紅木國家公園的歷史變遷



圖 16：在紅木國家公園內，隨處都有巨大的紅木，十分震撼。

15. 日期：2018/08/09(四)

主題：Old Growth Forest Ecology

地點：Eagle Fern Park

接待解說：Bruce G. Marcot, Ph.D., Research Wildlife Biologist, USDA FS
PNW Research Station

參訪摘要：

這次參訪地區是位於波特蘭郊區的一小片花旗松老齡林，**Eagle Fern Park**，該公園是奧勒岡州克拉克馬斯縣的一個縣立公園，其老齡林的林相很好。今天探討的主題為老齡林中穩定的生態系，包含林木的腐朽分解對於生態系循環的重要性(圖 17)。另一方面，經營管理第二代森林以增加老齡林的生長，如創造多層林、增長輪伐期、保留野生動物棲息地及移除養分循環的障礙等。該地區也非常重視鮭魚的保育，並利用鮭魚的監測來當作溪流水質的指標。



圖 17：Bruce 解說老齡林中養分循環的意義

16. 日期：2018/08/23(四)

主題：West Multnomah Soil & Water Conservation District

地點：Wilcox Homeowners Association, Oak Island, Sauvie Island Wildlife Area, Sturgeon Lake Project Site

接待解說：Scott Gall (WMSWCD), Mary Logalbo (WMSWCD), Kasey Scrivens (Oregon Department of Fish and Wildlife), Pat Welle (Scappoose Bay Watershed Council)

參訪摘要：

- (1) 該組織主要是為民眾、野生動物及環境進行保護及保育土壤與水資源，提供 Multnomah County 及 Sauvie Island 居民保育相關的資訊與協助。
- (2) 第一站去 WFI 附近的社區，該社區的私有林地原本布滿入侵種，如常春藤等，透過該組織的協助，並結合社區民眾的合作，花了五年時間，將森林中的入侵種手工去除，並陸續栽種了上千棵的本土樹種，也重新修築了步道。
- (3) Sauvie Island 對於加拿大雁的保護非常重視，所以去除了大片的野生黑莓，製造出草生地(因為加拿大雁喜歡視野好的地方)。
- (4) 因為原本有 Dairy 溪將 Sturgeon 湖與哥倫比亞河相連，但後來因為沉積物的堆積，中斷了，也造成湖裡的沉積物增加，並改變了湖中的生態，為恢復湖的活水狀態，目前有個再度打通河道，連接至哥倫比亞河的工程在進行(圖 18)。



圖 18：河流通道工程的工程師為我們解說工程做法

(二) 研習主題(生物炭生產鏈)參訪

1. 日期：2018/06/14

專家姓名：Tom Miles

專家職稱：Director / Chief of IBI / Chief of USBI

專家服務單位：T.R. Miles Technical Consultants Inc. / IBI and USBI

訪談地點：WFC

訪談所得重點：

Tom Miles 本身是位生物炭設備發明者，也同時是 International Biochar Initiative(IBC)及 USBI 的主席，對於美國及全球的生物炭產業發展有全面的瞭解，所以談的是比較是概觀性的，同時他提供幾份他近期的演講投影片，讓我們有全面性的認識。

(1) 目前美國大約有 150 個生產者，多數原料是木質原料，80% 的生物炭是由 20%的生產者製造，美國大約 20%的生物炭在加州生產，也僅有加州使用 IBC 的標準。目前生物炭的應用多在肥料、墊料及水過濾，生物炭混入土壤的比例為 5%~10%(此點須存疑)。

(2) 因為生物炭的料源及燒製溫度不同，會產生出不同性質(如含碳率、灰、孔隙及其他元素含量)的生物炭，產品流向就不同。而製造廠商是依據顧客的需求來燒製生物炭，或者依顧客需求將所需的生物炭種類再混其他物質，以符合顧客需求。

(3) 生產者必須釐清生物炭市場在哪裡，也需要政策支持才能得以推展，且示範點及持續性的供應(consistent supply)是非常重要的。

2. 日期：2018/06/27

專家姓名：John Sessions

專家職稱：University Distinguished Professor

專家服務單位：Department of Forest Engineering, Resources and
Management College of Forestry, OSU

訪談地點：Oregon State University, Corvallis, OR

訪談所得重點：

Prof. John Sessions 主要的研究在於生物炭產業與應用的經濟評估，對於價值的量化十分重視。

- (1) 生物炭合理的價格應為 200 美元/噸，但目前的價格為 400 美元/噸，生物炭也可以有相當高的價格，如 2,000 美元/噸，但只限於特殊用途，如用於碳吸存的交易上，但全美這方面的需求不可能高於 2,000 噸/年，所以生物炭的單價高，施用必須是用在經濟價值較高的農作物。
- (2) 以他們的研究結果來說，經濟規模的最低限是每年至少有 15,000 噸生物炭的產量，而目前較有規模的生物炭工廠的料源來自聯邦的林地，因為奧勒岡中南部沒有收木片的紙漿造紙工廠，所以林木在進行伐木時(疏伐或皆伐)，只要直徑小於 5 英吋(約 12 公分)的林木就無法出售，這些林木即是生物炭的料源，但他們也不用枝條，只用無法出售的小徑木。其收購用合約方式提供，運輸成本約 20 美金/噸(鮮重, green ton, MC=40%)。
- (3) 就料源成本部份，就地進行粉碎(chipping)的成本為機器一趟 2000 美元，每天可以做 500 噸，平均粉碎成本為 10 美元/噸。
- (4) **John Sessions** 最新即將發表的報告其所實驗的工廠以 2 種不同設備生產生物炭，產率分別是 37%跟 36%，燒製溫度為攝氏 425 度，用 4 種不同 scenarios (產製生物炭同時否同時產熱、電等等) 來計算成本效益。(留意報告發表)

3. 日期：2018/06/29

專家姓名：John Miedema

專家職稱：Owner

專家服務單位：BioLogical Carbon, LLC

訪談地點：BioLogical Carbon, LLC, Philomath, OR

訪談所得重點：

John Miedema 應可稱為生物炭產製及應用的實驗者，或稱為創作者，自己設計生物炭產製設備，並與私人公司合作研發生物炭的應用與推廣。

- (1) **John** 將公司設在一個製材廠的舊址，且持續有大量廢料進來，所以不用考慮料源運送成本，且料源供應者與他有良好關係，每噸原料才 1

美元，也不用考慮未來料源用盡問題。

- (2) 該個人公司以實驗為重，曾燒製不同的料源，並與一個位在加州的公司合作，共同開發生物炭相關產品，其實驗數據目前保密，因為涉及未來的商業價值。他同時希望可以降低成本，不然農民根本不會購買施用。
- (3) 該公司與 **Rexius** 合作共同參與政府補助計畫，試驗適當的混合肥料，並發展成品牌(**OPUS GROWS**)。John 有實驗將生物炭混入其他物質，如水泥，做成建築材料，如磚塊；亦實驗過濾水質，使用不同的生物炭及比例等等。
- (4) John 認為若沒有開發出好的混和產品可以讓農民直接使用或教農民如何使用的標準作業流程(**SOP**)，並得到良好的效果的話，不如不要推行，因為要有真的試驗結果，讓農民親眼看見結果，才有效益，非只是做實驗，要較大範圍的真實結果，而不是一味說生物炭的好處而要農民直接施用，這是沒有效益的推廣。

4. 日期：2018/07/10

專家姓名：Jack Hoeck

專家職稱：VP Environmental Services

專家服務單位：Rexius Forest By Products Inc

訪談地點：Coburg, Oregon

訪談所得重點：

該公司為提供園藝、農藝及農業相關的肥料、資材與服務，大約 3-4 年前才開始加入生物炭的產品的研發(與 John Miedema 合作)。

- (1) 對於生物炭的品質有所要求，生物炭的含碳率 70%以上才用，一般使用含碳 70%~85%的生物炭，混入有機堆肥，讓生物炭活化 (**active processing**)，一般而言以 10% 生物炭加入 90% 堆肥，並使用較慢速度的堆肥程序，大約 4-6 個月，其堆肥來自城市回收的庭院廢棄物。
- (2) 其所購買的生物炭價格約 600 美金/噸，因價格昂貴，亦建議施用於高價作物，例如番茄、榛果、莓果。

- (3) 生物炭若直接施放到土壤裡後，大約 6-12 個月期間，會與植物競爭土壤的營養，所以有可能施用一段時間對植物生長並沒有效果，可能 6 個月後才慢慢有效果出現。
- (4) 就其經驗，一些農地施用是線狀施用，非整片翻土施用，而施用生物炭可使植物更健康，抵抗病蟲害；目前生物炭用於水過濾的市場仍小。
- (5) 該公司有 4-5 個下游廠商(不同的品牌)進行銷售，產品有出口到加拿大、澳洲、歐洲等，亦可依客戶需求客製化所需的混和土壤，另以運送回程載其他貨物，降低運輸成本。

5. 日期：2018/07/18

專家姓名：Peter Burgess

專家職稱：Managing Director

專家服務單位：Rainbow Bee Eater Pty Ltd (Australia)

訪談地點：WFC

訪談所得重點：

Peter Burgess 是澳洲生質能設備商，剛好至波特蘭旅遊，因緣際會下認識而進行訪談。

- (1) 他們公司所設計製造的設備，進生質燃料(含水率(MC)10-40%)後，以溫度攝氏 750 度，進少量空氣，一個步驟即可有電力與熱能產生，也可以產生生物炭，並無焦油(tar)、oil 及灰(dust)產生，大幅減少處理此類物質的成本。目前在澳洲生質能源成本(含運送)約為美金 50-100 元/噸(鮮重, green ton)。
- (2) 目前完成一個商業案，應用在溫室，產生電力，熱能可以直接用在溫室，並有 CO₂ 灌入溫室中，加強其光合作用所需，號稱該案子所生成的生物炭幾乎是免費的。該設備可以進料量為 600 Kg/hr (MC=20)，可產生 220 Kg/hr 的生物炭、200-250 KW/hr 的電及 500 KW 熱能 (Thermal energy)，及 250Kg/hr 的 CO₂。此一案例的建造價格為 200 萬美金。

6. 日期：2018/07/19

專家姓名：Matt King

專家職稱：Program Advisor

專家服務單位：Wallow Resources Community Solutions Inc.

訪談地點：White City, WA

訪談所得重點：

Matt King 是協助 Wallowa Resources 執行一個從林務署獲得約 30,000 美元的經費的計畫，用以執行與評估生物炭對農業生產的可行性。該試驗不僅可以評估生物炭對農民的收益，並可以串接從林地復育、農業廢棄物到可銷售產品、土壤及農作物改良等，在此一應用同時可以創造當地就業機會。

該計畫由幾個公司(Oregon Torrefaction, Boardman Coal Plant and WalkingPoint Farms LLC)免費提供生物炭，在 Wallowa County 進行實地試驗。今年加入該計畫的農場有 5 個，農場的每個處理土地面積都在 1 英畝左右，其中 4 個是使用肥料播撒機將生物炭放入土壤中。在處理過的田地中種植的作物包括苜蓿(Alfalfa)、混合草料和小麥。如果這個計畫成功，Wallowa 縣參與者的第二步將是評估生物炭是否具有經濟意義。

7. 日期：2018/09/18

專家姓名：Jim Brown

專家職稱：Chief Operating Officer

專家服務單位：Karr Group of Companies, LLC

訪談地點：Chehalis, WA

訪談所得重點：

Karr Group 是一家生產生物炭也賣設備的廠商，其所製造的設備所產生的生物炭符合 IBI 標準，其經營模式是出售設備後，回購客戶所生產的生物炭及醋液，降低顧客風險，也降低該公司販賣生物炭的市場競爭風險。

(1) 該公司所生產的生物炭 pH 值維持在 7-7.5 之間，因為在生產過程中將所產生的醋液添加回生產過程中，以降低生物炭的 pH 值，讓生物炭應用範圍更廣。

- (2) 該公司所販賣的設備號稱每小時可以生產 1 噸的生物炭，其設備可以依需求擴增容量，以生產更多的生物炭。該設備燃燒溫度控制在 450°C-550°C，含碳率 80%以上，並以特殊技術，提升生物炭含碳率，降低灰分的產生(僅 3-4%的灰)，並大幅減少設備內焦油黏著(最終產生 1%的焦油)，所以可以連續運作，幾乎無須清理。生物炭產率大約有 35%，全程大約僅需 4 個員工。
- (3) 其設備可以使用不同料源，僅需考慮進料的大小及含水率，而含水率可以透過前端輸送設備進行乾燥。
- (4) 該公司有合作的鋸木廠可以提供料源，所以即使臨時的訂單，料源供應亦不是問題。另該公司生產木炭販售，其木炭添加 1%的生物炭，提升燃燒時間，並減少煙及灰的產生，所以市場售價可以高於一般木炭。
- (5) Jim 稱加州有 320 家的生質能工廠，但目前僅剩 20 家尚在營運，因為沒有了補貼，所以整個生質能的營運成本效益仍需持續改善。加州許多電力仍來自西北地區，奧勒岡州或華盛頓州。
- (6) 該公司的設備在美國的報價範圍為 3 百萬美元，回收期為 3 年或更短。參訪時所見的設備是一台稱為 6T 的機器，每小時進料 6 公噸(含水率 20%)可產生 1 噸的生物炭，1 噸的木醋液，1%的木焦油和 1 噸的生質燃氣。該公司可以依客戶的料源種類、含水率及進料量來為客戶量身訂做與報價。

(三) 專討及研討會報告

1. 日期時間：2018/05/18 上午
地點：奧勒岡州立大學森林學院
講題：Timber situation in Taiwan
與會人數：約 35 人
簡報內容：附錄一

2. 日期時間：2018/07/18 上午
地點：世界林業中心
講題：Increasing Data Accessibility in Taiwan
與會人數：約 35 人
簡報內容：附錄二

3. 日期時間：2018/07/26 上午
地點：紅木國家公園管理處 加州
講題：Increasing Data Accessibility in Taiwan
與會人數：約 30 人
簡報內容：附錄三

4. 日期時間：2018/09/13 晚上
地點：世界林業中心
講題：How to Establish a Biochar Supply Chain
與會人數：約 45 人
簡報內容：附錄四

三、重要心得

此次研習，收集了很多生物炭料源供應及產業相關的研究與報導，並訪談了許多生物炭料源供應及應用的研究學者與業者，美國多數生物炭生產大廠有長期合作伐木商或製材廠提供剩餘木質料源，但生物炭仍有很多未知的層面需要釐清，如不同料源以不同的溫度與方式燒製，生產出來的生物炭性質不一，哪種作物需要哪種生物炭與施用量，及其效果與經濟效益，均須投入更多的研究。在設備技術上亦須投入研究，提升效能。另亦需有更多的產學研共同合作推廣，方能擴大產業規模，達到經濟規模，無需政府補助或補貼，能持續自行營運並獲利。

關於料源取得部份，即使美國商業生產林的伐木與林產工業興盛，對於木質廢料仍有收集運算成本問題，所以對於料源供應依然是生質能與生物炭製造商設廠的重要考量，或以就地進行料源初步加工後運送降低物流成本。

美國對於生物炭未來的發展前景仍抱持著相當樂觀的態度，不管是生產者和使用者都認為生物炭的需求會不斷地成長。另一方面，生產者積極想要向歐洲跟進，督促政府可以讓生物炭添加近飼料中合法化，讓生物炭的應用市場更廣。

四、建議事項

臺灣雖無法以伐採林木時的剩餘木質物料做為生物炭料源，但果樹修枝及木質廢棄物、稻稈等可為生物炭原料。當然臺灣的果樹栽植面積分散，且收集廢枝條需要耗費人力成本，也是重要挑戰之一。

目前生物炭旗艦計畫架構中無包含料源處理與運輸方式及成本效益的研究，臺灣若要推展生物炭產業，應加入料源物流研究，建立完善的生物炭供應鏈，從料源收集、運輸、處理、燒製、成品處理運送到推廣應用，並有效的計算成本效益，利用生命週期評估找出最適的生物炭產業的營運模式。

政府應投入更多研究經費在生物炭整體供應鏈各個環節上，所以建議生物炭旗艦計畫應邀請產業經濟相關的研究團隊，針對生物炭的循環利用進行各個環節的經濟效益分析及最適模型建立，研發最有利的產業媒合與推展模式，並建立一真實運作的示範點，可以依其模式複製到每個鄉鎮，建構成一個完整的產業網絡，活化農業剩餘資源利用，達成農業零廢棄，剩餘資材全循環的目標。

另外，臺灣目前的製炭設備的產製效率應有很大的改善空間，若政府想要發本土技術，應在此一研究上投入更多研究經費，若產業要速成，可以考慮引進國外設備，加速產業形成。再者，生物炭的應用除用於土壤改良外，可以投入更多心力於創新產品的開發，如肥料應用、建築材料、水源過濾、臭味控制、生態植生等等，而法規的建立與配合及標準的建立也須加速進行的。

五、附錄

- (一) OSU 世界林業專題簡報檔
- (二) Fellow Conference 簡報檔
- (三) Final Presentation 簡報檔
- (四) 回國後與生物炭計畫團隊分享之簡報檔
- (五) 參訪生物炭業者及專家學者名單及其聯絡方式

Timber situation in Taiwan

Meei-ru Jeng
WFI International Fellow 2018 from Taiwan
mjeng@worldforestry.org

Where is Taiwan?

TAIWAN
Location : East Asia
Area : 8.9 million acres
(1/7 of Oregon)
Population : 23 million
(6 times > Oregon)
Capital : Taipei City

Forest Coverage

- Forest Coverage Rate: 60% (5.4 million acre)
- 20% of Oregon's forest area

Forest Types

alpine tundra 高山草甸 (3%)	3952m
subalpine coniferous forest 亞高山針葉林 (1%)	3500m
cold temperate coniferous forest 冷溫帶針葉林 (5%)	3000m
cold temperate coniferous and broadleaf mixed forest 冷溫帶針闊葉混交林 (18%)	2500m
warm temperate broadleaf forest 暖溫帶闊葉林 (44%)	1800m
sub-tropical broadleaf forest 亞熱帶闊葉林 (32%)	700m
tropical monsoon forest 熱帶季風林	200m

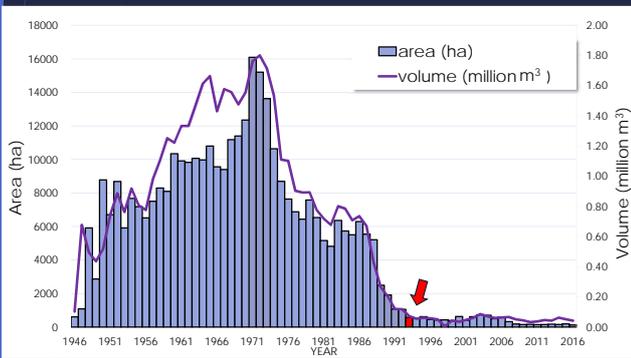
Forest Ownership

Region	Public (%)	Private (+tribal) (%)
USA	42%	58%
Oregon	64%	36%
Taiwan	88%	12%

Forest Management Timeline

Period	Key Events
1890s - 1945	Japanese occupation, heavy logging
1946 - 1992	Strong economic growth, strong timber industry, over-harvesting
1992 - today	Logging ban in natural forests, conservation, recreation, and stand maintenance

Timber Harvest in Taiwan



Where do forest products come from?

- More than 99 % of wood materials and products are imported

Forest Products	Countries
Solid wood products -wood-based panels -sawnwood -roundwood -secondary wood products -wood chips and particles	Malaysia China Thailand Indonesia Viet Nam
Fiber wood products -paper and paperboard -secondary paper products -wood pulp -recovered paper	Viet Nam China Indonesia

Challenges

- National annual timber demand: 6-8 million m³
- Average annual domestic supply : 0.04 million m³ (**0.5%**)
- Taiwan Forest Bureau's new mission: **triple** harvest volume.
- After 26 years with almost no harvest, **who** is able to do that?
- Infrastructure** -- knowledge gap.
- Public prefers **conservation**.

Thank you for your attention

1

Increasing Data Accessibility in Taiwan

Jeng, Meei-ru
WFI International Fellow
Taiwan Forestry Research Institute

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

Where is Taiwan?

TAIWAN
Location: East Asia
Area: 8.9 million acres (1/12 of California)
Population: 23 million (California: 40 million)
Capital: Taipei City

Forest Coverage

- Forest Coverage Rate: **60%** (5.4 million acre)
- 30%** of California's forest area

4 Some background concepts

- What is **data**?
 - Collection of raw facts and figure is called data

	A	B	C	D	E
1	201001	ASST	TREES	YEAR	50
2	TW019	CNCT_01	1	2010	50
3	TW019	CNCT_01	1	2010	50
4	TW019	CNCT_01	2	2010	50
5	TW019	CNCT_01	3	2010	50
6	TW019	CNCT_01	3	2010	50
7	TW019	CNCT_01	4	2010	50
8	TW019	CNCT_01	5	2010	50
9	TW019	CNCT_01	5	2010	50
10	TW019	CNCT_01	5	2010	50
11	TW019	CNCT_01	5	2010	50
12	TW019	CNCT_01	6	2010	50
13	TW019	CNCT_01	7	2010	50
14	TW019	CNCT_01	7	2010	50
15	TW019	CNCT_01	8	2010	50
16	TW019	CNCT_01	8	2010	50
17	TW019	CNCT_01	9	2010	50
18	TW019	CNCT_01	9	2010	50

5 Some background concepts

- What is **metadata**?
 - Who?
 - Where?
 - When?
 - How?

6 Some background concepts

- What is **dataset**?
 - Metadata + data = dataset

7

Some background concepts

- What is **database**?



Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018

8

Some background concepts

- What is **information management**?



Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018

9

Some background concepts

- What is **information manager**?



Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018

10

Some background concepts

- What is **open-source software**?



Open-source software is software with source code that anyone can inspect, modify, and enhance.

Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018

11

Some background concepts

- What is **ILTER**?



- From 1980, the National Science Foundation funded
 - 28 LTER sites
 - long-term and large-scale

Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018

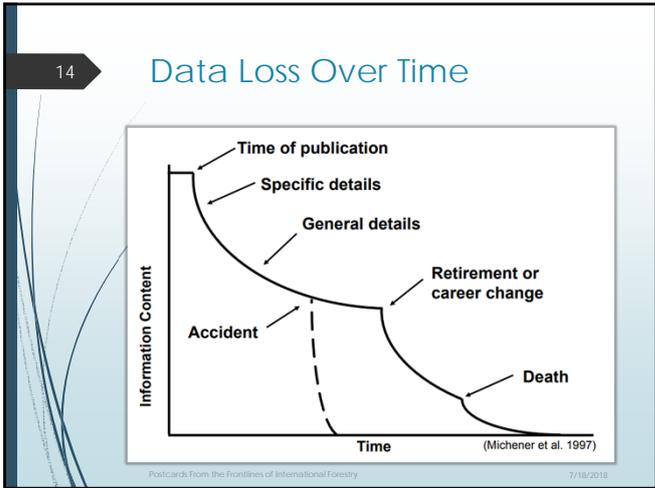
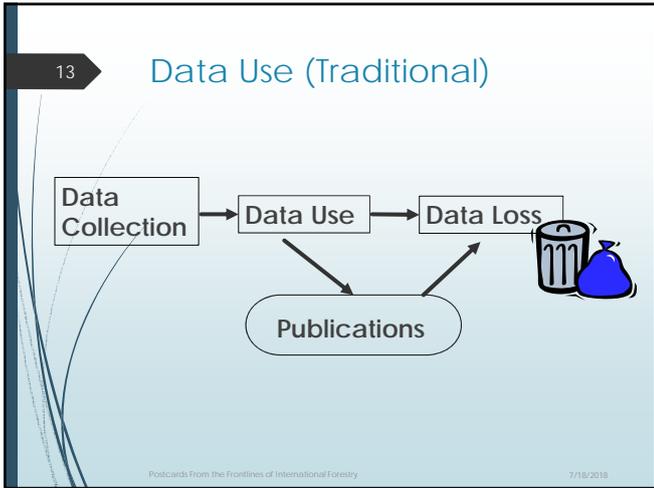
12

Forestry Research Data

- Taiwan Forestry Research Institute (TFRI)
 - only institute with a focus on forestry research in Taiwan
 - >100 years old
 - 1990-2005:
 - >200 projects completed
 - >600 research papers published in the Taiwan Journal of Forest Science
 - Almost no dataset can be accessed online or provided

Postcards From the Frontlines of International Forestry

7/18/2018



- 15 Goal: Stop Research Data Loss
- Ecological Information Working Group in TFR1
 - The TFR1 Director and chair of International Long-Term Ecological Research East Asia Pacific (ILTER EAP)
- Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018



17 Collaboration with NCEAS (National Center for Ecological Analysis and Synthesis)

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

- 18 Open-Source Software and Tools
- Metacat
 - A flexible ecological metadata database
 - EML - Ecological Metadata Language
 - A metadata standard developed for the earth, environmental and ecological sciences
 - Morpho
 - Data management for earth, environmental and ecological scientists.
- Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

19 Collaboration with NCEAS (National Center for Ecological Analysis and Synthesis)

NCEAS
National Center for Ecological Analysis and Synthesis

About Research Informatics Opportunities News Give Contact

NCEAS Informatics Program

- Informatics Research: Creating powerful new scientific
- Scientific Computing: Engaging with resident scientists
- Cyberinfrastructure and Support: Helping scientists acquire advanced
- Technical Training: Helping scientists acquire advanced

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

20 Promoting Implementation

Taiwan Forestry Research Institute Data Catalog
林業試驗所研究資料目錄

Home Analysis Tools Data Viewer

Metacat ver 3.3.4 powered by XDB, installed by TIFRI
Metacat ver 3.3.4 is a Member Node of DataONE

Search for keywords

Enter a search term, a simple keyword, a subject catalog, or a keyword

>800 Datasets

18 data packages found

Title	Keywords
57 檜木葉片之化學組成與物理特性	植物 疾病 昆蟲 葉片 化學 組成 物理 特性
46a 43.2	wood-plant diseases insects carbon
46a 43.3	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.4	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.5	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.6	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.7	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.8	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.9	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.10	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.11	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.12	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.13	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.14	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.15	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.16	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.17	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics
46a 43.18	Accelerated Weathering Effects on Bulk Interfacial Strength of Wood and Thermoplastics

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

21 Became a Member Node of DataONE

IEDA GNEShare EUSSE AGOS

MPC KUSSE

GBIF TEIN BC-DMA

SEAD Data Observat Network

NRBC knb EPMC

UC-Meritt IARC CYVERSE

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018

22 A Contributor to the Data Citation Index

Clarivate Analytics Web of Science
Trust the difference

Support Contact Us Corporate website

Enter search term or article name

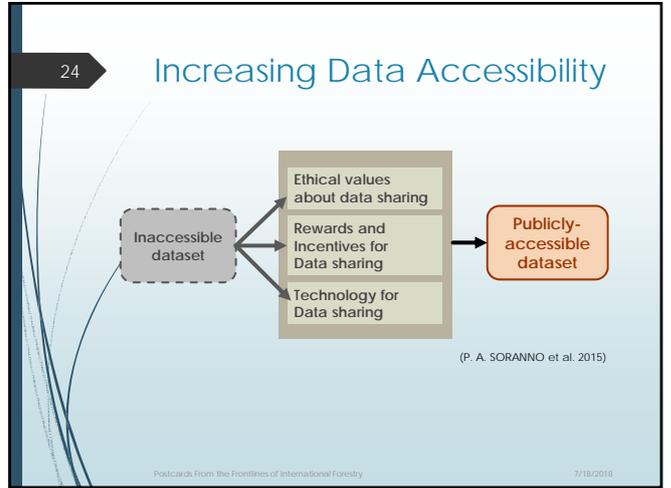
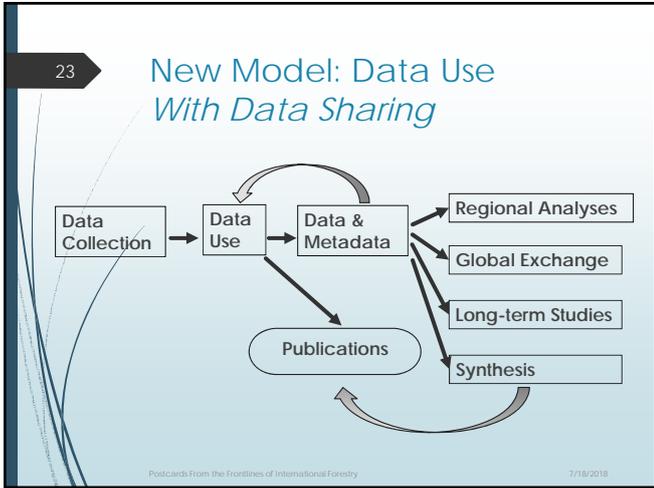
About Products & Tools Benefits & Resources Training & Support News & Events Contact Us

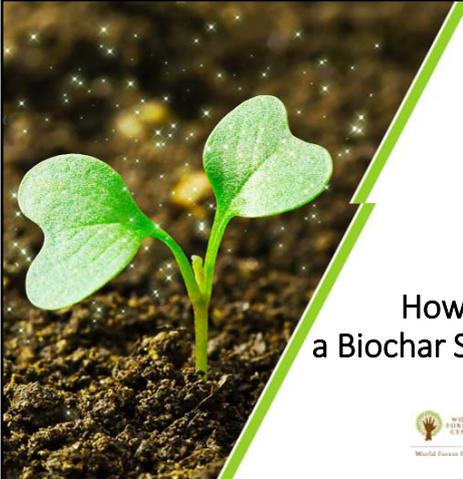
Products and Tools Multidisciplinary Data Citation Index

THE DATA CITATION INDEX
CONNECTING THE DATA TO THE RESEARCH IT INFORMS

What is it? [View Video](#)

Postcards From the Frontlines of International Forestry 7/18/2018



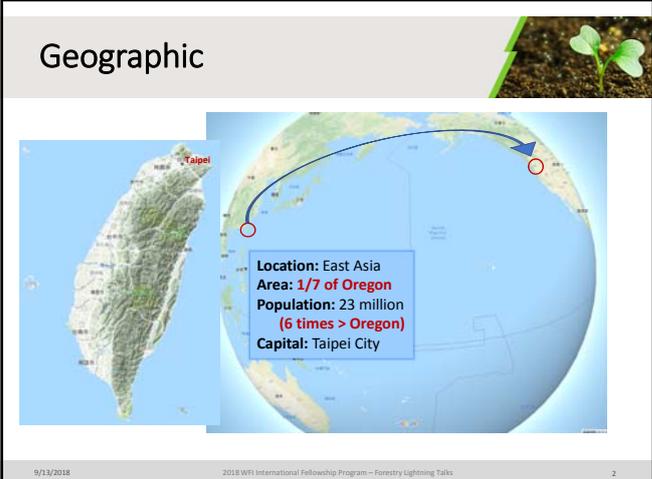


How to Establish a Biochar Supply Chain

Meei-ru Jeng
Fellow from Taiwan



Geographic



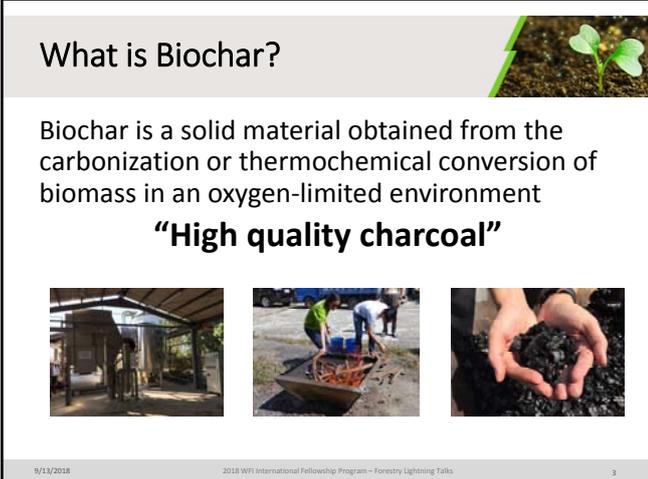
Location: East Asia
Area: 1/7 of Oregon
Population: 23 million (6 times > Oregon)
Capital: Taipei City

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 2

What is Biochar?

Biochar is a solid material obtained from the carbonization or thermochemical conversion of biomass in an oxygen-limited environment

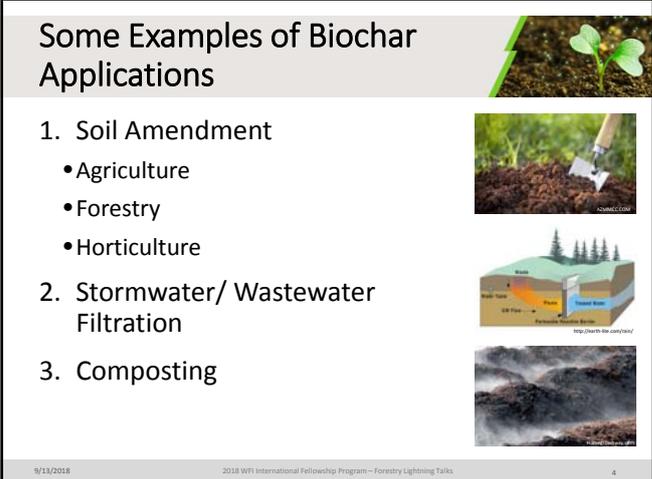
“High quality charcoal”



9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 3

Some Examples of Biochar Applications

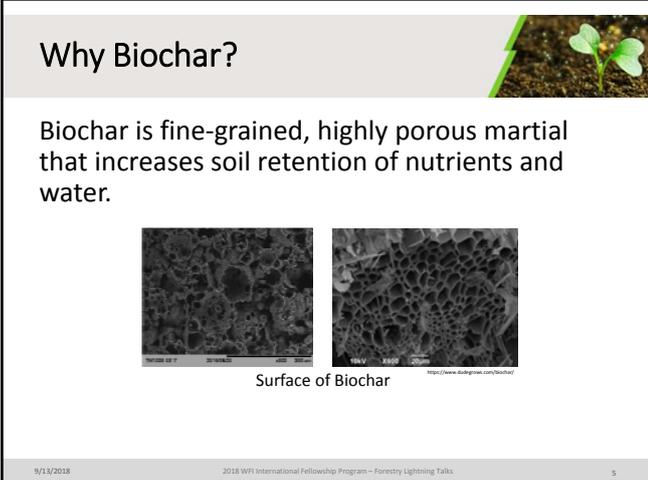
1. Soil Amendment
 - Agriculture
 - Forestry
 - Horticulture
2. Stormwater/ Wastewater Filtration
3. Composting



9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 4

Why Biochar?

Biochar is fine-grained, highly porous material that increases soil retention of nutrients and water.



Surface of Biochar

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 5

Lessons Learned



9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 6

Status of the Biochar Industry in the US

- 150 producers
- 30 producers (20%) make 80% of the biochar
- 120 producers make very small amounts of biochar
- 87% of biochar feedstock comes from woody biomass
- Domestic biochar production is 35K to 70K tons/yr.
For example:
290 million acres of US Crop Land,
21.6 million tons/yr. fertilizer usage
(biochar @ 2% > 400K tons/yr.)

biochar feedstocks

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 7

Status of the Biochar Industry in the US

- Price depends on quality and final use
\$400 to \$2K /ton
 - wholesale price: \$1/lb
 - retail price: \$1.5/lb
- Biochar products come in different formulations, mostly to amend soil

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 8

Status of the Biochar Industry in the US

- Biochar products composition and crop specific applications are still in development
- Price is high
- Market is small
- Technology development to scale up production

How much + [Image of field] = Yield ↑ ?

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 9

Biochar Supply Chain

1. Biomass production
Logging type
Moisture content

2. Feedstock logistics
Collection
Transportation
Storage

Source: Science You Can Use Bulletin • September/October 2014 • 62-63 13

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 10

Biochar Supply Chain

3. Conversion
Treatment
Co-products

4. Distribution logistics
Packaging
Transportation
Storage

5. End use
Blending
Processing
Application

Biochar converted to activated carbon
Industrial Filtration

Biochar made into pellets
Soil Amendment

Environmental restoration using biochar

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 11

Biochar Supply Chain

Costs/Profits

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 12

Biochar Next Steps...



Encourage research **collaboration** between **Industry** and **Universities**

- **Technology:** Increase efficiency of biochar conversion systems (<\$)
- **Material:** Standardize biochar “grades”
- **Use:** Conduct longer-term field trials amending soils with biochar in high-value crops
- **Tested use:** Promote biochar uses among farmers through University Extension

9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

13

Take Home Messages



9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

14

Biochar Materials in Taiwan



- Forest Coverage Rate: **60%** (5.4 million acres)
- (1992) Natural Forests **Logging ban** = no logging
- No logging waste



9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

15

Biochar Materials in Taiwan



- Taiwan is a Fruit Kingdom
- Fruit tree orchard trimming waste can become biochar feedstock



9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

16

Biochar Conversion Technology in Taiwan



9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

17

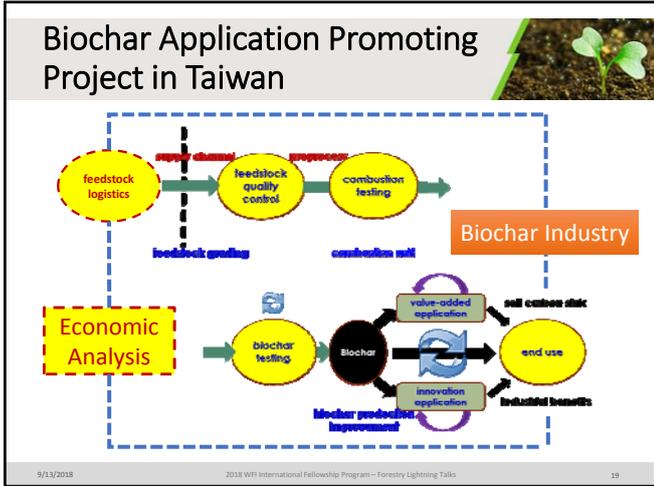
Biochar Use Research in Taiwan



9/13/2018

2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks

18



Take Home Messages

- Include economists in our project team
- Establish a feasible biochar supply chain
- Consider using biochar on high-value crops and estimate its yield improvements

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 20

Huge Thanks to:

- WFC, WFC staff, and Mr. Wu
- All study tour leaders & speakers
- Especially
 - Tom Miles
 - Peter Burgess
 - John Sessions
 - John Miedema
 - Francisca Belart
 - Matt King
 - Jack Hoeck
 - Shadia Duery
 - Vivian Bui
 - Rick Zenn
 - Sara Wu
 - John Mills
 - Don Henshaw
 - Anu Teja
 - Lisa Wylie

9/13/2018 2018 WFI International Fellowship Program – Forestry Lightning Talks 21



美國生物炭產業現況

- 200 producers
- 40 producers (20%) make 80% of the biochar
- 160 producers make very small amounts of biochar
- 87% of biochar feedstock comes from woody biomass
- Domestic biochar production is 35K to 70K tons/yr.
For example:
290 million acres of US Crop Land,
21.6 million tons/yr. fertilizer usage
(biochar @ 2% > 400K tons/yr.)

biochar feedstocks

Wood Chips, Tree Trimmings, Wood Millings, Pine Shakes, Peanut Shells, Hardwood Seed Shells

11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 3

美國生物炭產業現況

- Costs: USD 200 ~400/ton (NTD 6,000~12,000/ton)
- Price depends on quality and final use
USD 400 ~2,000/ton
 - wholesale price: USD 1/lb (NTD 67/kg)
 - retail price: USD 1.5/lb (NTD 100/kg)
- Biochar products come in different formulations, mostly to amend soil

11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 4

美國生物炭產業現況

- Biochar products composition and crop specific applications are still in development
- Retail garden, horticulture, environment are initial markets.
- Field crops are slow to adopt biochar.

How much, Yield

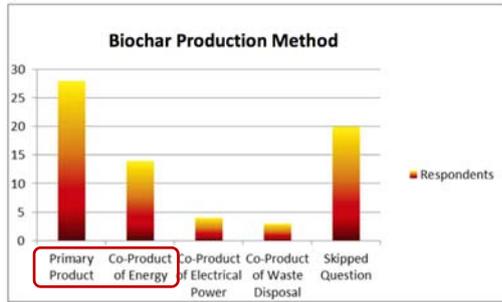
11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 5

美國生物炭產業現況

- Price is high, market is small
- Technology working on economic scale
- Consumers need better guidance to increase biochar use.
- Producers need better guidance about qualities, production and use of biochar.

11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 6

The 2018 US Biochar Industry Survey

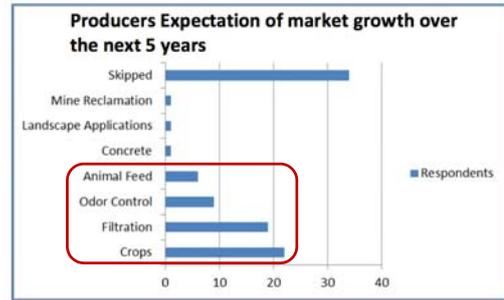


11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

7

The 2018 US Biochar Industry Survey



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

8

訪談-Tom Miles & John Sessions

- 目前較有規模的生物炭工廠的料源來自聯邦的林地，運輸成本約USD 22 /ton(green ton, MC=40%)。
- 研究結果顯示，經濟規模的最低限是年產量15,000噸。
- 目前僅有加州使用IBI標準(Karr group)
- 全美大約20%的生物炭是在加州生產，主要用在和肥料混合。
- 生物炭合理的價格應為USD 200/ton
- 生物炭的施用必須是用在經濟價值較高的農作物
- 施用於林地可達5%

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

9

Forest to Forest



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

10

Waste to Wisdom project

WHO WE ARE

Waste to Wisdom is an innovative biomass research project funded by a \$5.88 million grant from the U.S. Department of Energy under the Biomass Research and Development Initiative program: Award Number DE-EE0006297. Humboldt State University and 15 regional partners are building on existing research on the conversion of forest residues into bioenergy and other valuable bio-based products.

PROJECT LEADERS

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
HUMBOLDT STATE UNIVERSITY

NEED SOLUTIONS

Our \$5.88 million project seeks to convert unwanted forest residues into bioenergy and bio-products.

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

11

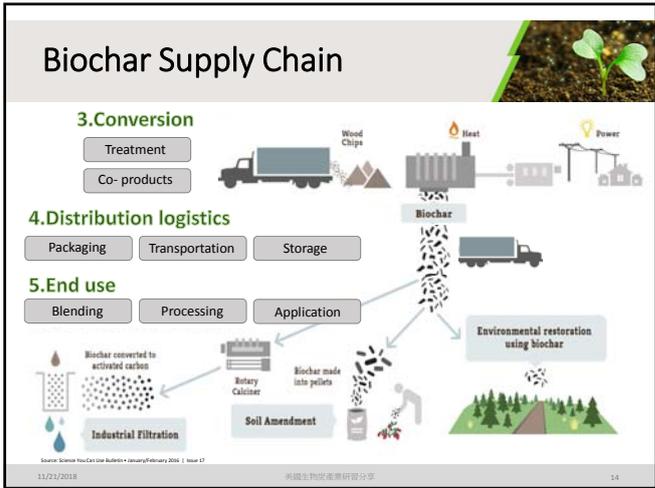
Waste to Wisdom project

- 砍伐後森林殘留物: 103 million tons/year
- 價值USD 60/BDT
- 處理及運輸= USD 55.27/BDT (Stump-to-Plant, 30-36 miles one way)
- 露天焚燒成本 USD250~300/acre(NTD18,600~22,200/ha)。

11/21/2018

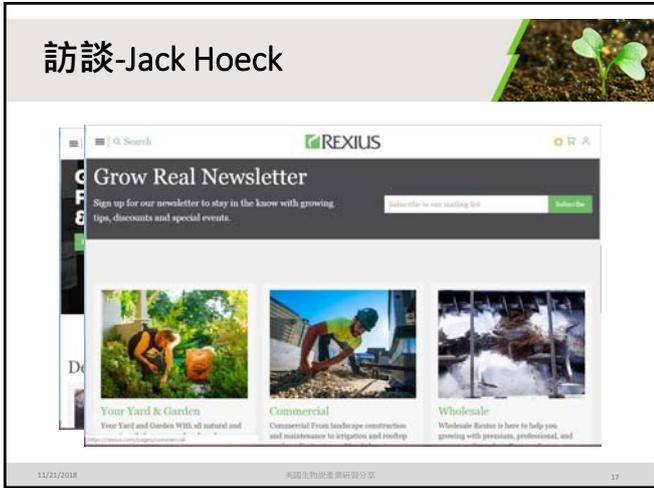
美國生物炭產業研究分享

12



- ## 小結
- 規模：經濟規模
 - 物流：很重要，但大部分會被工廠及其營運花費所掩蓋。
 - 區域考量：料源質量及距離
 - 技術：轉換成本及產率
 - 市場：價格決定市場命運
 - 網絡連結：或許是提高成本效益的關鍵
- 11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 15

- ## 訪談- John Miedema
- BioLogical Carbon, LLC
 - 實驗將生物炭混入其他物質，如水泥，做成建築材料，如磚塊。
 - 實驗過濾水質，使用不同的生物炭及比例等等。
 - 致力於降低成本，不然農民根本不會購買施用。
 - 需有較大範圍施用的真實試驗結果，讓農民親眼看見，推行才有效益，非只是做實驗。
-
- 11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 16



- ## 訪談-Jack Hoeck
- Rexus
 - 混入有機物質(10% 生物炭 + 90% 堆肥)，大約4-6個月。
 - 堆肥來自城市回收的庭院廢棄物
 - 運送回程可以載其他貨物，降低運輸成本。
 - 生物炭價格約USD 600/ton
 - 依下游廠商(約4-5個不同品牌)需求客製產品以供銷售
 - 目前用於水過濾的市場尚小
-
- 11/21/2018 美國生物炭產業研習分享 18

產品開發與推展

- Commercial Biochar Products for Forest Restoration in the Pacific Northwest (2015.05~2017.12)
 - 執行單位：Family Forests of Oregon, FFO
 - 合作對象：Rexius、BioLogical Carbon
 - 創新生物炭產品：CharKashi, Opus Grows, EcoBlanket®
 - 經費投注：50~100萬美金(從開發、市場研究、製作、推展、生產線等)
 - 種植試驗：
 - 與俄勒岡州立大學和美國農業部農業研究局合作，使用其生物炭產品進行種植試驗 (藍莓、榛果、葡萄園、旱地蔬菜)

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

19

產品開發與推展

- New soil mixer purchased by Rexius for mixing biochar product



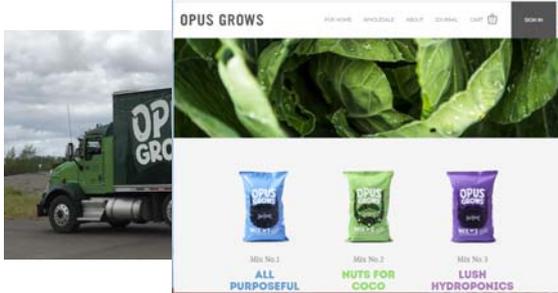
11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

20

產品開發與推展

OPUS GROWS



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

21

產品開發與推展

EcoBlanket



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

22

2018 US Biochar industry Survey

- 非常強烈希望生物炭可作為動物飼料添加劑。
- 許多生產者指出需要更加明確地定義生物炭“等級”和改進方法。
- 希望得到更多政府與研究機構的支持，以便向大眾和農民宣傳生物炭的益處。
- 擴張生物炭產業主要的障礙為：消費者意識與教育、法規、技術限制及資金。

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

23

Opportunities for Improvement

- Increase the efficiency of the conversion system
- New market: biochar as animal feed
- Policy support
 - recognizing biochar as carbon
 - certify biochar as animal feed supplements
- Definition of biochar “grades” and improved standards
- Investments in longer-term field trials of high-valued crops
- Research collaborate with industry

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

24

案例-KARR(美國)



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

25

案例-KARR(美國)

- 符合International Biochar Initiative(IBC) 認證標準
- 不限進料之生質原料種類
- 僅需考慮進料的大小及含水率(可以透過前端輸送設備進行乾燥)
- 燃燒溫度控制在450°C-550°C，產率大於接近40%，含碳率80%以上，僅有3-4%的灰分。
- 大幅減少設備內焦油黏著，幾乎無須清理，使設備可持續運作(24/7)。

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

26

案例-KARR(美國)

- 每年可生產10,000 噸的生物炭
- pH 值介於7 ~ 7.5，使應用範圍更廣。
- 出售設備並購回生物炭及木醋液，降低市場競爭者。
- 生產木炭販售，其木炭添加1%的生物炭，提升燃燒時間，並減少煙及灰的產生。

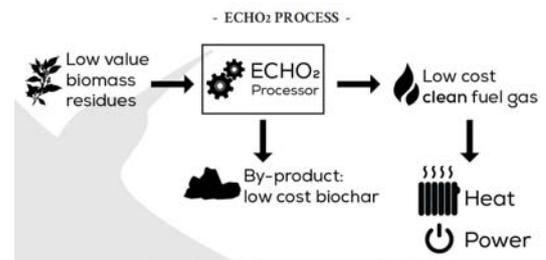


11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

27

案例-Rainbow Bee Eater(澳洲)



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

28

案例-Rainbow Bee Eater(澳洲)

- 生物炭生產成本< USD 200/ton
- 生物炭收率約35%
- 生物炭含碳率>85%
- ECHO2與其他能源或生物炭設備最大的不同是~只要一個步驟就可以將biomass 變成乾淨的能源(the single step process from biomass to clean fuel gas)

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

29

案例-Rainbow Bee Eater(澳洲)

- 商業案例

Holla-Fresh

- Requirements: heating, electricity, CO2 enrichment

bio gro

- Supplies wood residues to Holla Fresh and receives the biochar for composting process.

- 建置成本200萬美金

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

30

案例-Rainbow Bee Eater(澳洲)

ECHO₂ module indicative specs

hot water	400 - 800	kWt
electricity	100 - 250	kWe
biochar	~ 200	kg/hr wet basis
CO ₂	~ 250	kg/hr (Boiler Option)
biomass	500 - 600	kg/hr@15-25% moisture nominal 5 - 20mm, clean
footprint ~10m x 10m		

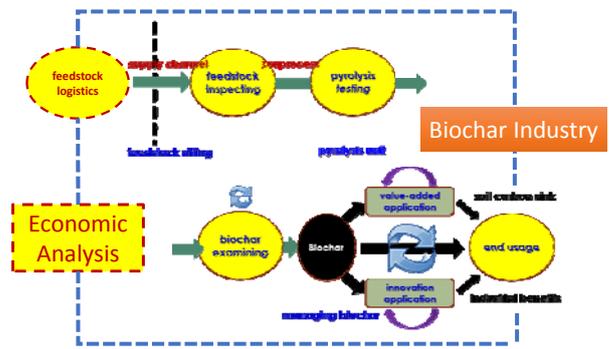
Single module. Specs are subject to biomass characteristics and an engineering study of customer requirements. ECHO₂ comes with a warranty and a service agreement.

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

31

心得



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

32

心得

- 進行生物炭產製的生命週期評估(Life Cycle Assessment)
- 媒合企業跟果農(修枝)或縣市政府環保局(颶風過後的風倒木)，建立生物炭回饋機制(料源提供者與生產者之間)，降低料源收集與運輸成本。
- 建立農業廢棄資材回收系統、回收通路機制，並配置移動式的粉碎機。
- 改良設備，提升產量(或引進設備)。

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

33

心得

- 試驗高價作物，如玉女小番茄、無刺小黃瓜、牛蒡、山藥、櫛瓜、栗子南瓜、菇類、洋香瓜、草莓、玉荷包、甜柿、高山梨、水蜜桃、蜜棗.....
- 開發生物炭添加配方與應用(肥料、水過濾、飼料)
- 特定目標的生物炭應用之教育推廣
- 加入IBI，獲得更多的資源

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

34

生態紀錄片-Dirt Rich

- <https://goo.gl/5hSTo2>



11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

35

感謝聆聽

11/21/2018

美國生物炭產業研究分享

36

附錄(五) 參訪生物炭業者及專家學者名單及其聯絡方式

Organization Name	Expertise	Contact Person Details		
		Last Name	First Name	Email
T.R. Miles Technical Consultants Inc.	Director/ Chief of IBI /Chief of USBI	Miles	Tom	trmiles@trmiles.com
Department of Forest Engineering, Resources and Management College of Forestry, Oregon State University	University Distinguished Professor	Sessions	John	john.sessions@oregonstate.edu
BioLogical Carbon, LLC	Owner	Miedema	John	jmiedema@peak.org
Rexius Forest By Products Inc	VP Environmental Services	Hoeck	Jack	JackH@rexius.com
Rainbow Bee Eater Pty Ltd (Australia)	Managing Director	Burgess	Peter	peter.burgess@rainbowbeeeater.com.au
Wallow Resources Community Solutions Inc.	Program Advisor	King	Matt	matt@wallowaresources.org
Karr Group of Companies, LLC	Chief Operating Officer	Brown	James	jjimb@karrgroupco.com