

出國報告（出國類別：考察）

赴日進行臺日樹醫交流及參訪生物炭於都市樹木健康管理之多元應用

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：黃裕星所長

吳孟玲主任秘書

徐中芄助理研究員

劉則言助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：106年12月14日至12月18日

報告日期：107年2月21日

摘要

近年來都市樹木的保護工作，已成為國際間都市林管理相當重要的課題。林業試驗除了努力強化國內樹木保護相關的基礎與應用性研究外，並持續與美國、日本等國際樹藝及樹木醫相關單位保持良好互動，為國內導入國際樹木保護知識與技術。本次參訪，經由日本一般財團法人綠化中心與當地執業之日本樹木醫安排，成功為臺日樹醫建立未來的夥伴關係，並逐步完成「臺日樹木醫手冊」出版作業，同時了解國際級城市都市樹木健康管理，以及生物炭於都市樹木土壤改良之多元應用。特別是生物炭過去主要是來自於農業廢棄資材的回收，並加以應用於農業，日本樹木醫成功將之導入都市樹木立地環境的土壤改良，並成功讓樹木的生長勢逐漸恢復，為相當值得參考之案例。在日本當地，生物炭於土壤改良之應用，除了有樹木醫外，還有專業土壤改良師的認證制度，可作為國內推動生物炭產業於都市林應用之參考。未來臺日雙方將持續就樹醫制度、生物炭及都市樹木管理等方面合作交流。本所樹木醫學中心團隊，與日本樹木醫長期維持友好合作關係，將扮演雙方合作重要媒介，持續為國內導入國際樹木醫學與生物炭等方面的相關知識和技術，有助於未來國內樹木保護人員考訓制度的推動，提升樹醫知識並與國際接軌，並為臺日雙方未來在樹木醫學理論與實務之交流奠定良好根基。

目次

摘要

壹、前言.....	3
貳、參訪目的.....	4
參、行程摘要與工作記要.....	5
肆、心得與建議.....	15
伍、圖片說明.....	17
陸、附件.....	26

壹、前言

有鑑於生物炭(biochar)可作為固態燃料，或與土壤摻配，作為土壤改良材料，具有復育土壤、促進作物生長及固碳之效果，極具應用於都市林土壤改良的潛力，目前於日本樹醫及街路樹維護管理上應用廣泛，值得正值發展生物炭產業初期的臺灣借鏡學習。本所於 106 年度獲得行政院國家科學技術發展基金助補助計畫「農業資源循環暨農能共構之產業創新」項下單一計畫「林業資材與木竹炭多元應用技術開發之研究」，規劃透過參訪日本樹木醫負責單位與民間生物炭於都市林產業應用情形，了解日本生物炭產業於樹醫技術研發與應用等面向之推動，經由現地實務參訪日方生物炭推廣應用於都市林業經營成功之經驗，期能以此提昇國內生物炭之多元生產與應用，建全國內樹醫技術的研究發展，並導入都市林管理新構面。

日本於 1991 年開始推行「樹木醫」考訓制度，由農林水產省林野廳委託財團法人日本綠化中心執行，並由森林總合研究所協助樹木醫培訓及教材編撰。林業試驗所於民國 101 年底成立我國第一個官方「樹木醫學中心」，提供樹木醫學整合性服務窗口，並持續導入國際樹木醫學與都市林健康管理相關研究與認證制度，並於民國 104 年與日本綠化中心簽訂出版契約，由該中心授權本所翻譯最新版「日本樹木醫手引」，並加入符合我國風土民情之章節，編著成「臺日樹木醫手冊」。

為延續臺日雙方樹醫領域之交流合作，林業試驗所樹木醫學中心團隊受日本一般財團法人綠化中心邀請赴日參訪，就「臺日樹木醫手冊」之出版細節與未來合作方向進行交流，同時會同具現場經驗之日本樹木醫，就生物炭於都市林環境之應用與樹醫制度建立之研究、技術、產業及實務面之相關經驗進行交流及資料蒐集，期能健全及強化國內生物炭、樹醫技術與都市林健康管理產業。

貳、參訪目的

為延續臺日雙方之樹木醫學與都市林管理，日本綠化中心來函邀請本所樹醫團隊赴日，持續就樹木保護相關技術合作與經驗進行交流，並商定未來雙方合作項目及計畫。經本所團隊評估，日本近年來應用生物炭於都市林樹木培育與養護方面，有具體之成功經驗，除有效去化都市樹木修剪及汰除產生之木質材料外，於天然災害後之倒木、漂流木處理，更見成效，值得進一步學習其方法。農業資源循環經濟為國內現階段重要科技施政方針，本次行程並規劃借鏡日方在以廢棄資材炭化後應用於都市林土壤改良、樹勢恢復等技術，期能以此建構農林業可循環運用資材，應用於都市樹木保護工作，完善國內樹木保護相關產業與研究。

為建立我國樹醫認證制度，同時強化生物炭在都市樹木管理之應用，完備國內之森林與都市樹木保護產業鏈結，引領臺灣都市樹木保護與健康管理與國際接軌，本所申請科發基金補助，辦理本次參訪及交流計畫。訪日行程由林業試驗所黃所長裕星帶領本所樹木醫學研究團隊，拜會一般財團日本法人綠化中心與具備實務操作生物炭經驗之日本樹木醫。雙方就日本樹木醫制度的建立與生物炭在都市樹木管理之應用進行交流，並針對未來雙方合作出版「臺日樹木醫手冊」之細節，簽訂再變更契約書。在生物炭應用方面，也經由具實務操作經驗的日本樹木醫，分享生物炭在土壤改良與都市樹木照護方面的應用，瞭解日本如何透過生物炭的應用，成功促進都市樹木生長勢的恢復。透過本次交流，期能導入日本成功之經驗，完善我國林業永續經營體系。

參、行程摘要與工作記要

一、行程摘要

本次赴日參訪行程，依照日本綠化中心的邀請與建議進行規劃，分別就台日樹醫交流、生物炭於日本樹木醫之利用、日本都市林與受保護老樹管理等議題進行研商與實地考察。

奉 派 人 員 職 級 姓 名			黃裕星 所長 吳孟玲 主任秘書 徐中芄 助理研究員 劉則言 助理研究員	出 國 事 由	農 業 資 源 循 環 暨 農 能 共 構 之 產 業 創 新	
日 期			起 迄 地 點	任 務	停 留 天 數	備 註
月	日	星期				
12	14	四	台灣→日本東京	於桃園機場搭機前往日本東京。 東京都行道樹管理維護現況參訪	1	
12	15	五	東京	拜會日本綠化中心，並與日本樹木醫，就生物炭於樹木保護應用情形進行討論、交流及學習。	1	
12	16	六	東京	由日本綠化中心協助安排，了解日本生物炭產業於樹醫技術研究及現階段實地應用情形，研商生物炭於樹醫技術上的多元應用性。	1	
12	17	日	東京	與日本樹木醫共同實地參訪生物炭應用於東京街路樹立地環境改良情形。	1	
12	18	一	日本東京→台灣	東京都都市林維護現況參訪。 於日本東京搭機返回台灣。	1	
合 計					5	

二、工作記要

本次赴日參訪行程主要可以分為三部分，分別是與日本綠化中心就「臺日樹木醫手冊」的細節與內容進行討論，雙方並針對未來可以進行合作的議題與方向進行交流；同時，針對近年來日本樹木醫如何有效將生物炭應用於都市林的土壤改良，並促使樹木生長勢的恢復，也經由日本樹木醫的解說有所瞭解；最後經由對日本東京地區行道樹與受保護樹木的實地勘查，瞭解樹木醫制度再日本推動之現況，以及生物炭再樹木醫領域的實務應用情形，其能將相關知識及實務面之研究成果導入，作為國內未來在都市樹木保護研究，以及生物炭於都市林產業應用發展之借鏡。以下將本次行程，依照與參訪主軸分為三大主題，分別詳述進行交流之內容。

(一) 臺日樹醫交流－拜會一般財團法人日本綠化中心

本次赴日交流參訪，其中一項重點任務，是希望經完成本所與日本樹木醫負責單位「一般財團法人日本綠化中心」能建立長遠合作默契，並期能將日本樹木醫長年在樹木醫領域研發的理論知識與實務操作技術導入國內，作為未來都市樹木管理技術研發之參考。臺日雙方並針對預計合作出版的「臺日樹木醫手冊」的細節內容，從本書的最終中文書名的確認、到各個篇章的次序與內容、參與團隊等，逐一進行檢視與研商(圖 1)。考量樹木醫這個名詞源自於日本，黃所長代表本所團隊提出將原訂書名「臺灣樹木醫手冊」更改為「臺日樹木醫手冊」，一方面可代表本書之內容是台日雙方合作之成果，另一方面也可向國內民眾說明，臺灣導入日本樹木醫相關知識與技術的成果。討論過程中，雙方也就幾個可能的書名進行研商，比如樹木醫手冊、台灣樹木醫學手冊等，然而日本國內現在即有「樹木醫」和「樹木醫學」兩個使用上有所區別的專有名稱；其中樹木醫偏重於技術與實務面的應用，樹木醫學則著重於學術領域的研究，以本書的內容來看，日本綠化中心日本篇章撰寫與安排時，將之定位在都市樹木應用層面知識與技術觀念的建立，故日方不

建議使用樹木醫學的名稱。最終因考量若延用原訂台灣樹木醫手冊此一書名，一方面無法呈現本書之內容有很大一部分是翻譯日方最新樹木醫手冊的篇章，亦無法傳達本書導入日本樹木醫知識與技術之用心；經雙方討論後決議使用我方所提議的「臺日樹木醫手冊」為書籍名稱(圖 2 和圖 3)。

此外，本書在編著的過程中，為了兼顧導入日本樹木醫的知識及融合符合台灣現況的內容，同時翻譯日本樹木醫手冊部分章節之內容，亦請國內森林與樹木領域相關領域之專家學者，編寫符合台灣樹木保護之章節，然在日本原著翻譯的過程中，過去因涉及每個章節原著作者是否同意授權翻譯，導致部分專業篇章無法取得完整內容，針對這個問題，黃所長亦代表林試所團隊向日方討論，希望針對本書中最重要卻有所缺少的樹木醫技術章節，能增補其內容，以求完善導入日本原著中該領域的相關知識，日本綠化中心專務在了解雙方對此書出版所付出的努力後，代表日方同意更完整的授權此書的內容，讓台灣能獲得更充分的日本樹木醫實務知識。

另關於本書出版之細節，如版權頁、章節順序的調整、台日雙方參與本書編著團隊的資格等，雙方也逐一進行檢視和討論，日方強調除了版權頁需要表列所有參與本書之工作者外，也需要於書本內容中，名列各章節之作者，並分別敘述台日雙方撰寫此書作者的專業領域，已讓大家了解本書各章內容，從每一個細節，都可以看到臺日雙方對於本書出版的重視。

由於本書已逐步邁入出版的最後程序，日方也相當好奇本書未來在臺灣的應用，以及未來臺灣樹木醫相關的認證問題日。黃所長也親自向日方解釋，雖然日本樹木醫的技術與認證制度值得臺灣效法學習，但在法制層面臺灣並沒有「樹木醫」這樣的名詞與規範，比較相近的則是臺灣的森林法現在修正通過後，其中明文規範的「樹木保護人員」，其所從事的樹木照護工作與日本的樹木醫及美國的樹藝師相仿，在臺灣未來從事樹木相關工作的人員，均需要具備樹木保護人員的執照。

由於日方相當好奇台灣未來樹木工作者的定位與走向，本所團隊也向日

方說明目前臺灣樹木保護人員證照制度推動之現況，雖然目前仍處於法制層面的研擬，但預計會在這一兩年內將草案公告，讓國內民眾能更加清楚樹木保護工作者未來證照取得的方式，以及政府在推動國內樹木醫療體系的走向。以現階段的規劃來說，樹木保護人員未來需要通過國家考試來取得執照，而參加該考試的人員，須具備樹藝師、日本樹木醫、林業技師或園藝技師的資格，或是相關科系的畢業生，於相關領域具有一定時間的工作經驗，才能參加樹木保護人員的國家考試。且在該法通過之後，政府也會要求未來各縣市政府在進行轄區內的樹木修剪、移植、種植、養護、病蟲害管理時，其工作團隊內，必須具有樹木保護人員的國家認證資格，對於更高規格需求的樹木保護工作，甚至會要求同時具備國家級證照與國際級證照，使國內的樹木保護工作得以更加完備。

未來「臺日樹木醫手冊」的出版，在國內樹木保護工作上，絕對是一個相當重要的里程碑。有鑑於國內目前樹木保護相關專業教科書籍，仍然相當缺乏，故本書的出版，更具有指標性的意義，不單可以作為臨場施作的重要參考，也可以作為未來國內樹木保護人員國家考試出題的方針與參考資料。

(二) 生物炭於日本樹木醫實際應用情形

1. 生物炭於日本樹木醫應用現況

生物炭過去一直被認為是在農業上具備相當高應用價值的土壤改良劑，主要的原因就是作物生長於土壤，其所吸收的養分、水分、各類微量元素等都來自於土壤的供給，而土壤中微生物的多寡、種類、密度等，也會直接或間皆影響到農作物的健康狀況與產量，且有許多研究指出，將物質碳化處理後添加至農地環境中，可具備提高土地肥力、淨化水源、促進農作物的生長等效益，並有助於大氣中的溫室氣體(如二氧化碳)的儲存。

本次的生物炭參訪行程，由日方協助安排，讓有在日本東京職業的樹木醫，為我們解說日本在應用生物炭於都市樹木生長情況改善的情形，同時介紹日本相關有在進行的生物炭研發的公司，並經由日本樹醫師實際應用生物

炭改善樹勢的案例，了解日本生物炭在都市樹木保護產業的多元應用。

為我們解說的日本樹木醫詹鳳春博士表示，生物炭是經由加熱生物材料所製成的土壤添加劑，目前在日本樹木醫界被視為是相當具有潛力的土壤改良材料。生物炭在日本的農業應用上，其實已經有相當長的一段歷史，過去日本農民會經由將農業廢棄物(如稻稈、稻殼等)在田間燒製後，直接添加回土壤，並發現可以此增加土壤的肥力，增加明年的作物收成。日本政府與學校和產業結合，經由科學化方法進行生物性材料炭化後的性質檢定，並將可有效應用於農業的生物炭料源公告給業界跟農民知道，比方說碳化的木材、椰殼等，都是有經過試驗分析確保其可作為土壤改良材料；將這些原料炭化後，添加回土壤之中，可取代原有的堆肥效果，來增加土地肥力，同時由於生物炭在燒製的過程中，會產生孔隙，並可以此改良土壤結構與土壤排水(圖4)。

詹博士也提出，其實都市樹木所需的生長環境，與農業作物的差異其實很大，且隨著種植樹種的差異，用來進行都市林土壤改良的生物炭種類與添加比例也會有所不同，加上不同的樹醫師，所注重的面向與實務經驗有所差異，所以目前很難去規範出一個統一的標準；然而土壤改良其背後的學術理論基礎，其實原理相通，所以日本政府也推動了「土壤改良師」的認證制度，就是用於檢定想從事土壤改良工作的業者或樹醫師，是否具備必須的土壤相關知識，以及是否能將這些知識與實務經驗相結合，並加以應用在都市林樹木立地土壤環境改良之上。

生物炭於日本樹木醫的應用，主要是應用於都市樹木的土壤改良，將之視為一種土壤添加物質，可於樹木種植前中後期，分階段加入土壤之中，以此促進樹木的生長，這種添加物，有別於化學廢料，符合天然有機的特性，對環境影響多屬於正面性質，同時生物炭產製的過程中，也會衍生出生質能量可以被加以應用，所以開始逐漸受到產業的重視。有些學者則傾向將生物炭看作生物燃料生成的副產品，所以日本也開始有一些公司，朝著結合生物

炭與綠色能源兩種面向的產品，來進行規劃跟開發。

生物炭實際於都市樹木的種植，若沒有特別注意，其實也很難被察覺，詹博士並經由幾張圖片，和我們分享有添加生物炭等介質的土壤，在樹木下方的土壤看似平常，但若將之拿起來仔細檢視，就可發現在棕色的泥土中，有一些小的黑色顆粒，那就是土壤中的生物炭殘餘物，這些富含碳的物質有助樹木的生長，甚至可能促進生長不良的樹木生長勢恢復，所以近幾年在許多日本都市林相關產業，開始販售這類商品，供日本樹木醫進行土壤改良之用。

除了土壤肥力之外，土壤的結構、酸鹼性、排水等特性，與都市樹木生長的良莠與否，有著相當密切的關係，所以部分日本樹木醫，也相當著重於生物炭顆粒的化學和物理性質的探討，特別是生物炭如何影響在土壤結構與土壤的排水，以及要以怎樣的方式和比例去進行添加，才能夠達到最適合樹木生長的條件，為很多樹醫師正在努力的方向。目前已經可以證實的是，生物炭用於土壤改良時，這些炭化資材中的“微孔”具備「保水性」、「透水性」和「吸附性」等效果，可增強土壤中有益微生物的增殖，以此促進植物的生長。另外，在施用肥料時，以生物炭吸附其成分，可以讓肥料達到緩效釋放的效果，有利於長期土壤環境的改善。

2. 生物炭應用於日本受保護樹木健康情況改善實例

在經由詹博士的講解後，我們已可以了解到日本生物炭於都市林產業應用的概況，詹博士接著也跟我們分享，他在日本近期以生物炭救治櫻花樹生長衰弱的成功案例，針對我們無法臨場看到的前期施工處理部分，也透過照片進行補充說明。

本次會勘的櫻花樹位於東京都足立區，是在昭和 56 年為了紀念日本與美國友好所種植，在當地相當具有歷史與景觀價值(圖 5 和圖 6)。但該樹開始產生樹勢生長衰弱，不明原因的枝枯和梢枯情況，所以在西元 2011 年的時候，當地政府有請到日本樹木醫團隊，為這個樹進行救治，從樹木生長狀

況、病蟲害情形的診斷、土壤特性與土壤微生物的調查等方面進行分析，最後評估是土壤需要進行改良，同時必須進行土壤肥力的補充，希望能以此回復樹木生長(圖 7)；但在起初幾年的土壤改善作業中，都未能見到該樹有明顯生長情況的改良，直到詹鳳春博士的團隊加入後，於西元 2016 年開始，嘗試導入生物炭進行該樹的立地環境土壤改良作業，並依序先將原有的土壤翻鬆，進行土壤結構、酸鹼度、水含量、肥力等方面的測試(圖 8-10)，在評估最適合加入的生物炭種類及比例，混入這棵林肯櫻的立地土壤，並定期檢測土壤狀態，追蹤樹木生長情形，結合當地的氣候條件等因素，隨時給予不同比例的生物炭或其他土壤肥力的補充，在經過持續一年的努力後，終於在西元 2017 年底，看到該樹枝葉恢復生長的情形(圖 11)。

從這次珍貴樹木成功救治的案例來看，生物炭應用於都市林產業確實有其價值與潛力，但單獨有燒製好的炭材仍然是不夠的，臨場作業的樹醫師或土壤改良師，必須具有足夠的經驗，進行現場狀況的判斷，甚至是結合實驗室去進一些整體土壤環境的分析後，才能找出最適合當下情況的炭材及混合添加比例。如同日方所提到的，目前所知的生物炭，會以可以各種不同的料源，透過不同的溫度和製成來生產，這也導致產品性質的差異極大，所以在實際應用上，也呈現每個業者或樹木醫，有自己偏好的比例和選擇。以本次的案例來說，詹博士團隊所選擇的生物炭，就是偏鹼性的木炭，而不是竹炭或炭化的椰殼或稻殼，來進行土壤改良，亦有一些樹木醫指出，在實務應用層面來講，也常會使用非單一一種的生物炭來進行土壤改良，而是以混合的方式進行施作，但最常見的仍是生物炭跟有機肥料、有益微生物等，一起拌入土中進行土壤改良。

3. 生物炭在日本都市林產業面之應用概況

本次的行程，日方也提供我們一些當地有在進行生物炭用於樹木土壤改良的業者，讓我們能對生物炭在日本樹木醫業界的應用概況，有一個初步的了解。本次日方在介紹過程中有提到的生物炭相關業者包括：日本東邦公司、

山下木業有限公司、味之素健康食品有限公司、山本粉煤業股份有限公司。以日本東邦公司所生產的生物炭來看，標榜其具備改善保水與排水、良好的生物活性與保肥能力、輕量且不容易壞且沉於水、與水土的親和力佳、容易處理不易被風吹散、良好的吸著性、淨化及排水能力佳、價格低廉能穩定供給、吸熱性佳等特性。而該公司所生產的生物炭，在日本都市樹木照護工作中，也有許多實際的案例，舉例來說，如山形高速公路、明新高速公路、工業道路、千葉縣浦安市公園等處的行道樹等，都有使用該公司生產販售的生物炭來進行土壤改良，且樹木生長情況良好(圖 12-13)。

另外的三家公司，所生產的生物炭，主要提供給農業使用，產製的生物炭材，也都具有一些共通性，如孔隙率超過良好，故具備好的滲透性、保水性、保肥性；同時具有高透氣性和氣體吸附率、具有弱鹼性能中和酸性土壤、促進農作物的根系生長、可提供作為土壤中有用微生物的棲地。目前也是會有一些日本樹木醫，購買這些公司的生物炭產品，並將之應用於都市樹木土壤的改良，但本次並無法逐一取得相關的統計數據。關於生物炭在日本樹木醫的產業應用上，仍面臨許多問題，包含價格、可應用的範圍等，特別是在產品上市販賣時，如何確保生物炭價格合理且有效，是日本生物炭產業在與顧客討論時，常會碰到的問題。

(三) 日本東京都市林與受保護樹木管理現況考察

本次都市樹林與受保護樹木的考察地點，選在東京鐵塔附近的「芝公園」與「增上寺」。「芝公園」於西元 1873 年設立開園，為當初日本政府指定在日本國內設立的公園之一，可視為日本都市公園設立的先驅。芝公園早期整個園區包含了「增上寺」在內，但後因為政治與宗教的因素，故將寺廟的土地範圍與公園有所區分，造成現在的芝公園呈現一個環形公園，其綠帶圍繞於增上寺周遭。芝園內部隨處可見樟樹、櫟樹、銀杏等巨樹；此外，公園位處東京相當熱鬧的區域，鄰近飯店、學校、圖書館等設施，公園還包含了芝丸山古墳及丸山貝塚等處，與公園和步道形成廣大的都市綠地。該公園最為

著名的，就是可以看見東京鐵塔，搭配公園四季不同的風景，成為著名的知約會與戲劇拍攝地點，也讓當地政府花費許多心進行公園景觀與樹木的維護工作。此外，芝公園也為與交通相當便捷的地段，周邊有地下鐵和高速道路方便觀光遊客和鄰近居民來此休憩。

我們所參訪的範圍，也包含了芝公園周遭的行道樹，公園內部的綠地，以及增上寺內的受保護樹木。以芝公園一代的街路樹來看，其實整體上是相當有規劃，可見到新種植的樹木，樹幹部會先以透氣的材質包覆後，再設置支架進行支撐，可有效減少樹木被破壞的情形。在樹木根基部的維護管理上，除了預留足夠的生長空間外，並可以見到於樹穴的表面設置有保護蓋，可預防行人來往時直接傷害到樹木的根基部，且多數的樹木，都有設置護欄保護，可有效減少碰撞所造成的傷害(圖 14 和 15)。

芝公園內部的庭園規劃，樹木種類相當多元，楓樹、梅花等景觀樹木，還有許多大型常綠喬木，此外，也可看到公園內部有規劃花圃，會依季節種植不同的花卉、芳香植物、甚至是可食香料作物，作為公園綠美化的一部分。本次造訪的時間，因已進入冬季，所以在花圃區並未看到繁花盛開的景緻，也剛好錯過了楓葉盛開的季節，但值得一提的是，日本政府與民間，對於國內各地景觀與遊憩是相當有規劃，且彼此的資訊保持流通，所以民眾可輕易於日本的網頁上，取得各地區觀賞樹木的花期，或是像楓葉是否轉紅、櫻花是否盛開等資訊，不僅方便遊客，也可為當地帶來觀光的人潮(圖 16 和 17)。

增上寺內的受保護樹木，是西元 1879 年，美國總統來寺內參訪時親手種植的，相當具有歷史與文化價值。雪松本身，是常綠喬木，在許多國家都是廣受歡迎的裝飾用樹，被廣泛應用於庭園及都市的美化；該樹種也因為抗腐性質良好，也被視為是重要得建築或木藝用材。本棵種植於寺內入口旁的雪松，樹形與生長狀況良好，顯見當地政府及院內堆該樹維護所下的心力，同時該樹的周圍以木製柵欄環繞形成防護，可防阻遊客來往踩踏到樹木的立地土壤而造成土壤壓實，影響樹木根部呼吸的情況；此外，該樹生長的空間，

也相當的充裕，所以並未出現根部纏繞或浮根等現象，值得作為國內受保護樹進行維護管理的典範(圖 18 和 19)。

整體來看，日本政府對於當地公園、街路樹，以及受保護樹木的管理，其實有一定的基礎與規範，以受保護樹木來說，其要求相較於國內就更為嚴格，除了結合當地的樹醫師，進行定期的監測與維護外，並會將重要的資訊，列於受保護樹木周邊，讓民眾除了可以知道這棵樹木屬於受保護樹木外，可以知道他的歷史與文化背景，為什麼可以被列為受保護樹木，還有政府對於維護這些樹木，所投注的心力，這是值得我們參考的地方。

肆、心得與建議

一、心得

本次參訪行程與日本綠化中心就「臺日樹木醫手冊」的書名與出版細節進行研商，並與日本具備實務應用生物炭於都市樹木健康照顧之日本樹木醫進行案例討論，是非常可貴經驗。過去日本對於其樹木醫相關知識與技術相當保護，臺日樹木醫手冊從日本原著的翻譯，到符合台灣現況篇章的編寫，再到最後的校稿與書名的重新研擬，處處可以看到臺日雙方於此書出版上的用心，而本書之出版，更將成為臺灣推動樹木保護工作的重要基礎。在生物炭應用於樹木健康管理方面，早期生物炭著重於農田土壤肥力的改良，後日本開始有樹木醫及相關產業，將林業資材炭化後導入都市樹木的土壤改良，並將之發展為樹木醫實務應用的技術之一，經由與日方具備相關實務經驗的樹木醫討論交流，可借鏡其相關經驗並導入國內，作為國內未來都市林健康管理與林業廢棄資材永續利用之重要參考。透過本次參訪，成功為臺日雙方於樹木保護相關知識、技術與制度之交流，奠定長遠合作關係，並實地瞭解日本樹木醫制度對都市林管理之具體影響，並經由實務案例，探討生物炭在都市林管理產業之相關應用成果。

二、建議事項

1. 日本「樹木醫」為具有國家認定資格的身分(由農林水產大臣授証)。國內森林法樹木保護專章於104年7月修正公布，其中第38-6條第2項規定，「樹木保護專業人員」應有培訓、考選及分級認證制度。本所與日本綠化中心合作出版的「臺日樹木醫手冊」，內容涵蓋日本樹木醫重要實務經驗與技術，同時兼具符合國內樹木保護工作現況之篇章，足以作為未來國內樹木保護專業人員的養成與考訓重要參考依據。
2. 生物炭於都市樹木健康管理之應用，主要來自於以生物炭進行之樹

木立地環境土壤改良，其可促進土壤結構的優化、良好的土壤肥力與有益微生物活性等，而生物炭於都市土壤改良之應用，可有效促使廢棄資材的循環應用，且有助於都市樹木生長情形之優化，為相當具發展潛力之產業，更是完善都市樹木健康管理體系的重要環節。

3. 以生物炭進行土壤改良，在日本亦是相當受到重視的研究與實務應用題材，其必須對土壤、微生物、樹木等多面向進行評估，再選擇適合的生物炭及配套措施來進行土壤改良，有鑑於此，日本針對都市樹木的土壤改良，更推動土壤改良師的認證制度，值得我們參考學習。

伍、圖片說明



圖1 臺日雙方針對「臺日樹木醫手冊」出版細節，以及雙方未來合作的方向進行交流討論。

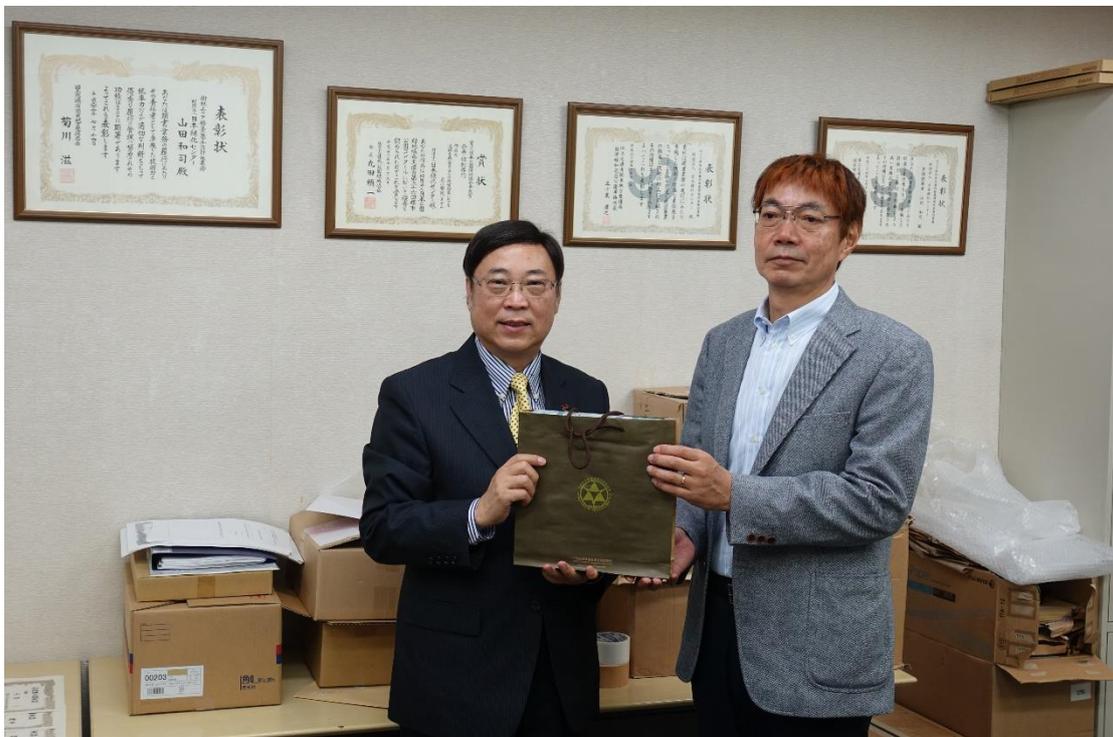


圖2 林業試驗所黃所長代表所方致贈日本綠化中心代表紀念品。



圖3 臺日雙方與會人員合照，黃所長與日本浦田理事拿著即為雙方要合作出版的「臺日樹木醫手冊」樣書。



圖4 日本樹木醫在當地以生物炭進行樹木立地環境土壤改良的試驗區。

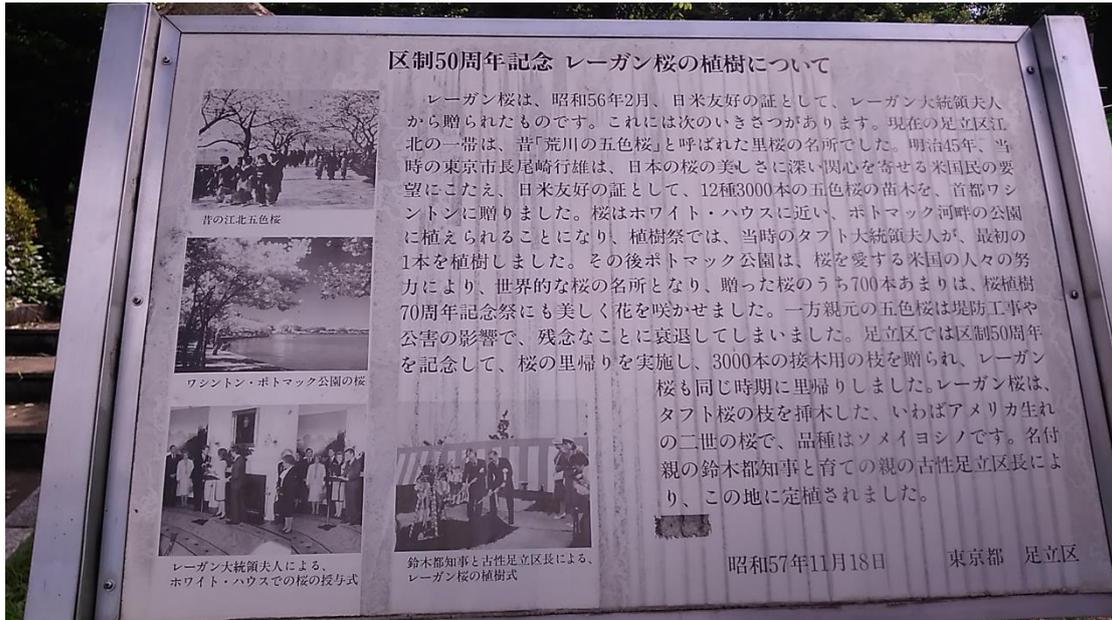


圖5 本次日方安排由日本樹木醫詹博士團隊進行東京都足立區林肯櫻土壤改良的場域。



圖6 日方提供該棵林肯櫻所處的地理位置圖。

レーガン桜は樹勢回復作業を行っています

レーガン桜は、枝先に枯れがみられるようになったため、平成23年度から樹勢回復作業を行っています。作業は、樹木医の診断を仰ぎながら進めています。

これまでの樹勢回復作業

- 平成23年11月 樹木医が診断
- 平成23年11月 土壌調査
- 平成24年 3月 枝の切り戻し・土壌改善・養分供給
- 平成24年 9月 土壌改善・養分供給
- 平成25年 3月 土壌改善・養分供給
- 平成25年 7月 土壌改善・養分供給



ソメイヨシノ



枝の切り戻し作業



土壌改善・養分供給作業

問い合わせ先
足立区みどり公園推進室みどり事業課みどり事業係 (3880)5919

圖7 既有的告示牌上記錄著該林肯櫻歷年進行樹木救治計畫的完整紀錄。



圖8 日本樹木醫詹博士團隊自西元2016年開始，針對該樹的立地環境土壤，導入生物炭進行土壤改良計畫。



圖9 除了在土壤中依土壤情形持續混入不同比例的生物炭外，並結合日本樹木醫技術進行該樹的維護作業。



圖10 林肯櫻的立地環境土壤在混入生物炭之後的實際情形。



圖11 該樹木生長勢回復情形，顯示生物炭進行土壤改良之成效。

エコ炭の効果的利用

エコ炭は良質の有機物と併用すると効果的

■エコボウルとの併用
植物が丈夫に生育するには、やはり良質の有機物は不可欠です。そこで、高有機土壌改良剤「エコボウル」との併用をお勧めいたします。「エコボウル」とエコ炭は非常に相性が良く、植物の生育にとっても良い影響を与えます。

■高木の根元改良の場合
単独での根元は、根が浅いため、植物の生育環境は良いとはいえません。そこで【表-15】のような十分な改良を必ずする必要があります。根元改良の場合の標準表は【表-5】に示しました。

【表-5】 エコ炭標準補充標準表

C	L	W	V	H	R	pH	EC	TDS	養分内訳(%)		養分内訳(%)		pH	EC	TDS
									10% X1.1	10% X1.1	10% X1.1	10% X1.1			
0.00-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01-0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.02-0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.03-0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
0.04-0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0.05-0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.06-0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.07-0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.08-0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.09-0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0.10-0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.11-0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
0.12-0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.13-0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
0.14-0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.15-0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
0.16-0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
0.17-0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
0.18-0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
0.19-0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
0.20-0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
0.21-0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
0.22-0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
0.23-0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
0.24-0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.25-0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0.26-0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
0.27-0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
0.28-0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
0.29-0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
0.30-0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
0.31-0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
0.32-0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.33-0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
0.34-0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
0.35-0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
0.36-0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
0.37-0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
0.38-0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
0.39-0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
0.40-0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
0.41-0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
0.42-0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
0.43-0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
0.44-0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
0.45-0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
0.46-0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
0.47-0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
0.48-0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
0.49-0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

■エコ炭の特長

1. 日本独自の製法により、高品質の生物炭を製造しています。植物の生育に最適なpHを有しています。
2. 日本独自の製法により、高品質の生物炭を製造しています。植物の生育に最適なpHを有しています。
3. 日本独自の製法により、高品質の生物炭を製造しています。植物の生育に最適なpHを有しています。
4. 日本独自の製法により、高品質の生物炭を製造しています。植物の生育に最適なpHを有しています。
5. 日本独自の製法により、高品質の生物炭を製造しています。植物の生育に最適なpHを有しています。

東邦レオ株式会社

東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5000 FAX: 03-5561-5001
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5002 FAX: 03-5561-5003
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5003 FAX: 03-5561-5004
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5004 FAX: 03-5561-5005
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5005 FAX: 03-5561-5006
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5006 FAX: 03-5561-5007
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5007 FAX: 03-5561-5008
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5008 FAX: 03-5561-5009
東京都中央区新富1-1-1
TEL: 03-5561-5009 FAX: 03-5561-5010

©2018 東邦レオ株式会社

技術審査証明取得品 **リサイクル 土壌改良資材**

リサイクル社会のための、新しい土壌改良材。

エコ炭

100%リサイクルから生まれた土壌改良材

エコ炭の特長
保水性
透気・透水性
吸着性
資分持続性
微生物の活性
固結防止

ハルブ
ハルブスラッジを炭化

エコ炭

東邦レオ株式会社

圖12 日本東京的生物炭公司針對其出產的生物炭特性解說文案。

エコ炭は、炭の概念を変える。新しい土壌改良材です。

エコ炭の物理性改善効果

保水性改善効果

- 炭は、多孔質で、内部に多くの孔隙を有しています。その穴が保水性に大きな影響をもたらしていると考えられています。そこで、赤土とマサ土を用いて、それぞれの土の中にエコ炭を入れた際の保水性の改善効果について、(財)日本肥糧検定協会にて測定しました。
- その結果、赤土においても、またマサ土においても、エコ炭を10%混合した区、及び20%混合した区のみずれの区でも、黒土より保水性が向上している事が判明し、エコ炭の保水性改善効果が実証されました。【図-2-3】

通気・透水性改善効果

- 赤土とマサ土を用いて、それぞれの中にエコ炭を入れた場合の通気・透水性の改善効果について、(財)日本肥糧検定協会にて測定しました。
- その結果、赤土においても、またマサ土においても、エコ炭を10%混合した区及び20%混合した区のみずれの区でも、黒土より通気・透水性改善効果が実証されました。【図-4-5】

表-1 エコ炭の有効成分の分析結果

項目	分析結果	分析会社
炭素	50.00%	JIS K 0102-05.1
灰分	1.50%	JIS K 0102-08 1.2 灰分
窒素	0.50%	農研機構 土壌分析センター
リン	0.05%	JIS K 0102-04.1
ケイ素	0.05%	JIS K 0102-05.2
カルシウム	0.05%	JIS K 0102-05.2
マグネシウム	0.05%	JIS K 0102-05.2
鉄	0.05%	JIS K 0102-05.2
銅	0.05%	JIS K 0102-05.2
マンガン	0.05%	JIS K 0102-05.2
亜鉛	0.05%	JIS K 0102-05.2
モリブデン	0.05%	JIS K 0102-05.2
塩素	0.05%	JIS K 0102-05.2
硫酸根	0.05%	JIS K 0102-05.2
硝酸根	0.05%	JIS K 0102-05.2
亜硝酸根	0.05%	JIS K 0102-05.2
アンモニウム	0.05%	JIS K 0102-05.2
有機炭素	0.05%	JIS K 0102-05.2

圖13 日本公司也針對生物炭應用於都市樹木改良後可以達到的效果進行說明。



圖14 日本東京芝公園一代新種植的街路樹維護管理情形，可見到樹幹部樹皮以透性材質包覆後，再進行支架的設置。



圖15 該區域的行道樹針對樹木的根基部，也進行了完善的保護作業，圖中可以見到根部保護蓋的設置，以及樹幹周圍的防護欄跟活動支撐帶。



圖16 芝公園園區內樹木芝架設置情形。



圖17 於芝公園內部除了可以見到各種高大喬木與景觀樹種外，另有花圃區的設置。



圖18 増上寺院內的雪松，是一株受保護樹木且生長與維護管理良好。



圖19 増上寺院內針對其受保護樹木設置的告示牌，讓民眾知道該樹木具有的歷史價值。

陸、附件

一、致謝

感謝日本綠化中心及日本樹木醫等日本友人的協助，讓這次的參訪順利圓滿
單位機構(依會面順序)

浦田啟充 (日本綠化中心 專務理事)

瀧邦夫 (日本綠化中心 事務局長)

詹鳳春 (日本樹木醫)