

出國報告（出國類別：研究）

建立木材 DNA 分子指紋產地
鑑別技術-日本森林總合研究所交流
與合作訪問
出國報告

服務機關：農業部林業試驗所

姓名職稱：吳家禎 副研究員、黃郁嵐 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：113年6月3日至6月7日

報告日期：113年6月28日

關鍵詞：木材辨識、日本森林總合研究所、林木基因資料庫

摘要：

鑒於我國針對4種高價值的木材進行出口限制，透過 DNA 分子標誌系統建立物種鑑定、溯源鑑定的需求必須預作準備。台灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)和日本扁柏(*C. obtusa* var. *obtusa*)為同種下之一變種，本次參訪目的希望以台日交流合法取得日本扁柏材料，用以擴充日本扁柏分子資料和鑑定應用。本次參訪，已深化本所與日本森林總合研究所之學術網絡，並且洽談簽定備忘錄制定之可能。

日本扁柏為日本重要育種木材，極重視其遺傳資源，從林木育種角度，由於我國木材利用自給比例低，在林木育種的各個試驗環節上，和日本差距甚大，雖然去年日方因琉球宮殿扁柏木需求背景下，日方曾訪台提出扁柏種子交換需求，我方借力使力：以日本扁柏天然種子和日方提出官方交換種子提出討論，而日方正式回應：日本扁柏為該國重要育種材料，以目前台日扁柏研究基礎上，不宜交換，且台灣扁柏種子恐有汙染日本扁柏遺傳結構之慮，因此，日方婉拒提出之議案(材料無法移轉)。但本所和廣島縣政府、日本森林總合研究所合作的香杉研究計畫進行，應該持續進行。

在建立 DNA 分子資料庫上，日方有口頭邀請我國建立的林木遺傳資料庫可以建構在日本網路平台上，而我們則回應將依照遺傳資源之取得與國際利益分享(Access and Benefit-Sharing, ABS)原則與慣例，並經過我國農業部核可再行研商。

本次出訪研究：了解到國際上針對生物性遺傳資源極為重視，以木材戰略資源的角度，日本扁柏為日本的重要戰略資源，遺傳物質的流出，勢必要詳加考慮。而香杉對日本來說是外來物種，目前推廣面積與育種力度尚不及扁柏，從此對於我國可以反省：思考我國林木類遺傳資源的維持與保存利用。我國應重視林木育種技術的研究，未來應加強建立我國在遺傳資源資料的收集與跨國合作的能力的培訓，以及國內林木類資料庫和其分子資料的建置等工作，提高國內外木材貿易合法性與鑑定案件鑑識力。

目錄

一、目的	4
二、研究過程	5
三、心得	6
四、建議	13

一、 目的

為確保臺灣國產木材經濟貿易之合法性與市場競爭力，並且參與國際社會的原則下，進行木材溯源以及合法木材監管是我國林業重要議題。目前依據國際刑警組織2019年的報告，任何組織不論有意或無意在整體國際木材供應鏈中活動，利用輸出入國家中的體制或立法的弱點(像是：腐敗、法律漏洞、監控系統薄弱和邊境巡邏效率低)，危及林業執法的法治和合法木材的流通。此外，非法木材可能破壞森林生態系統的可持續性，並威脅到部分國家弱勢的人權。

我國依據「中華民國海關進口稅則輸出入貨品分類表」僅福杉(*Cunninghamia lanceolata* spp.) (4403.23.00, 4403.24.00, 4407.12.00)為禁止自中國大陸輸入，另外自111年12月起我國限制四種我國貴重木出口：紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)、臺灣肖楠(*Calocedrus macrolepis* var. *formosana*)、牛樟(*Cinnamomum kanehirae*)。我國森林林產物進口比重極高約在97-99%之間，幾乎全數仰賴國際木材產品之供應，我國邊境長期對於木材輸出入是以自由貿易為原則，我國國內自用木材率偏低，因此大量出口的機率甚低，未來在國際因應氣候變遷(各國必須植林減碳，甚至提出碳匯交易)，對木材主要輸出國，像是馬來西亞過去為我國進口原木木材的主要國家，現今，則不再大量出口原木，這樣的現象都出現在東南亞國家，因此，印尼等國對我國木材原木輸出都已有下降趨勢，其餘加拿大、紐西蘭、美國、日本、巴紐等對台木材輸入量大的國家，有可能都會限制其木材出口或是市場價格提高，未來我國勢必要提高木材自給率，增加造林面積，甚至更開放砍伐木材，屆時我國貴重木或木材都有可能出口，但是早期貴重木材會透過回銷方式，使用低價木材，進行混充，混亂木材交易，像是低價檜木(商品名)混充我國產的紅檜，或是低價越南肖楠混充我國高級肖楠木，都是要防範之行為，唯獨木材辨識需要長年累積經驗，且木材解剖學單靠主觀判定，現在各國已搭配 AI 影像辨識技術協助貿易進出口辨識，各國也積極發展 DNA 鑑識辨別物種或產地，可以做為輔助鑑定的依據，可保障國外不良或是混摻雜木，嚇阻不法情事，又可降低國內木材盜伐流通海外洗白(Clean wood)之問題，因此，鑑定技術的提升與 DNA 建庫的資料，將是重要關鍵。

本次出訪特別鎖定在我國管制出果貴重木(扁柏屬植物)進行基因型文庫建立與合法材料取得努力，同時和國際學者陸續接軌，希望在國際木材分子、與先進技術鑑定領域，有參與的空間與機會，有助於我國加入國際組織，並且成為貢獻成員。

二、 研究過程

本次參訪依照計畫提送對象目標，即日本森林總合研究所筑波總所(FFPRI)、林木育種場(FTBC)和東京大學，主要目標為：1.合法官方交流扁柏材料議題。2.研商學習林木分子條碼資料庫建立工作。3.其餘學術交流。從2023年 Covid-19解封後，即開始與日方聯繫，並且安排參訪行程。最終決定參訪時間為2024年6月3日至6月7日，從台北飛往千葉成田機場，大約4小時，再由成田機場搭乘 FTBC 預備的車輛前往日立市林木育種場，大約2.5小時。並進行拜會、會議等行程，再轉往日本扁柏育種資源基地和日本森林總合研究所筑波總所(FFPRI)，進行拜會會議，最後再前往東京大學進行學術訪問。相關行程如下：

Time and date	Agenda	Moderator
3 June 2024	Flight to Narita airport and arrival	Taiwan Forestry Research Institute
4 June 2024		
09.30-13:30	Welcome remarks and meet in airport hotel. Visiting Narita san Temple with Japanese garden landscape with lunch	Moderator (Mr. Masaki YAMASHITA, FTBC)
13:30 - 17:00	Go to FTBC by car Visiting FTBC Green house Greeting Director of FTBC, Explain visit schedule FTBC Director General: Mr. Tomio MINOWA	Moderator (Mr. Shunsuke MIYA, and Dr. Keiya Isoda, FTBC)
5 June 2024		
09:00 - 09:30	Move by FTBC car (Hotel-FTBC)	Moderator (Mr. Masaki YAMASHITA, FTBC)
9:30-12:00	Discuss the DNA information of <i>C. lanceolata</i> , the next step cooperation and understanding more about Forestgen database on FTBC.	Speakers: Dr. Chia-Chen Wu, TFRI and Dr. Michiko INANAGA, FTBC.
12:00 - 13:00	Lunch Break	
13:00 - 14:00	Visiting FTBC facilities	Moderator (Dr. Keiya Isoda, Dr. Keita ENDOH and Ms. Yukiko NAGANE, FTBC)
14:00 - 17:00	Filed visiting and meeting discuss about the <i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i> (Taiwan cypress) and Japanese tree breeding of Japanese Cypress.	Speakers: Yu-Lan Huang, TFRI and Dr. Akira Tamura, Dr. Yusuke Takahashi.

Time and date	Agenda	Moderator
17:00-19:00	Ending Dinner	Moderator (Mr. Masaki YAMASHITA, FTBC)
6 June 2024		
09:00-13:00	Hotel check out Visit a test field in Ibaraki prefecture by FTBC car	Moderator ((Dr. Keiya Isoda and Mr. Kuramoto)
13:000 - 17:30	Visit Forsetgen database and Xylarium in FFPRI	Speaker: Dr. Chia-Chen Wu, TFRI, Dr. Saneyoshi Ueno, Dr. Hisashi Abe, and Dr. Setsuko Suzuki, FFPRI
17:30 - 18:00	Move from FFPRI to train station by FFPRI car Hotel check in in Tokyo	
7 June 2024		
09:00-10:00	Hotel check out and move to University of Tokyo	
10:00-12:30	Meeting with Dr. Goto Susumu. Topic: Tree Breeding work and relative researches about DNA markers in <i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i>	Speakers: Dr. Chia-Chen Wu, Yu-lan Huang, TFRI and Dr. Goto Susumu, UTokyo.
12:30-	Lunch break and move to hotel and airport, flight back to Taiwan	

三、 心得

本次交流參訪行程主要多為日方安排，故採用時間順序進行陳述，並在文章中進行心得討論。本次交流參訪主要訪問日本森林總合研究所筑波總所 (Forestry and Forest Products Research Institute, FFPRI)、林木育種場(Forest Tree Breeding Center, FTBC)和東京大學，主要目標為：1.合法官方交流扁柏材料議題。2.研商學習林木分子條碼資料庫建立工作。3.其餘學術交流。

● 成田山公園

本次訪問一開始由林木育種場(FTBC)派車與接待人員於飯店接駁，並前往著名的成田山就近了解日本的森林與庭園，成田山公園是面積作為達165,000平方米的廣闊的用地，其中最著名的為成田山新勝寺(Naritasan Shinshoji Temple)是日本著名的寺院之一，供奉不動明王，超過1,080年的歷史，是超過一年1,000萬人參拜的寺廟，歷史記載：西元939年，關東地方發生動亂，在亂世中，民眾生活充滿了不安與混亂，當時的朱雀天皇命令寬朝大僧

正為國家祈禱平息動亂。於是寬朝大僧正就帶著高僧弘法大師空海刻的不動明王像從京都出發，經海路到達關東，將不動明王像安置，並平息了動亂，寬朝大僧正準備帶不動明王像回京都時，不動明王像不動如磐石，猶如表達「我要留下來繼續拯救這裡的人」。天皇得知後，就賜下寺號「新勝寺」。在主要的大本寺(供奉不動明王)前的廣場旁，三重塔(1712年興建)，仁王門(1831年興建)周遭種植多年生的日本扁柏、日本柳杉，以及日本的檜木，另外，在各殿宇中，以光明堂(1701年興建)是江戶時代中期的貴重建築，旁邊的額堂(1861年興建)則都是使用日本檜木建造，從此處可以知道日本使用當地木材的歷史十分久遠，整個成田山公園更是觀光歷史的景點，園中步道有許多石碑，更有有名的詩人、奉獻金錢的立牌，多有超過百年歷史。

● 拜會林木育種場(FTBC)

本次的重點之一就是前往林木育種場，進行訪問、洽談材料交換，以及研究合作議題的研商。於2007年，林木育種場和日本森林總合研究所進行整併，組織上，隸屬於日本森林總合研究所。林木育種場(共計約131名正式人員(2023年))組織下，又分為3個部門，分別為育種部(breeding department)、遺傳資源部(Genetic resources department)和海外協力部(Extension and international cooperation department)，另外設有4個分場辦公室，：北海道育種辦公室(Hokkaido Breeding Region office)、東北育種辦公室(Tohoku Breeding Region office)、關西育種辦公室(Kansai Breeding Region office)和九州育種辦公室(Kyushu Breeding Region office)，負責不同的樹種育種項目如下表：

育種辦公室	樹種
北海道	落葉松屬(larch)、庫頁冷杉(<i>Abies sachalinensis</i>)、卵果魚鱗雲杉(<i>Picea jezoensis</i>)
東北	日本柳杉(cedar)(雪害)、落葉松屬(larch)、日本赤松、黑松
關東(即林木育種場本場)	日本柳杉(cedar)(少花粉)、落葉松屬(larch)、日本黑松、日本扁柏
關西	日本柳杉(cedar)(少花粉)、日本赤松、黑松、日本扁柏
九州	日本柳杉(cedar)(營養系林業)、日本黑松、日本扁柏、琉球松(<i>Ryukyu pine</i>)

所有的海外交流訪問人員，皆透過海外協力部進行接待與交涉，並且統一發聲，當有正式議題與討論時，再由各研究團隊窗口負責人員會議洽談。本次到訪林木育種場，先正式拜會育種場場長，雙方正式介紹，並由我方進

行本次交流訪問的目的做說明，日方也很正式貼心的準備兩國的國旗，作為正式官方交流的依據，雙方互贈紀念品，開啟為期3天的會議與交流序幕。

- 香杉合作案會議報告

本所自2016年即和林木育種場簽署合作備忘錄，目前約定到2028年，自2019年和廣島縣政府振興整備機構財團簽署合作備忘錄，廣島縣政府和林木育種場即有合作，因此，三方進行香杉議題進行合作討論。本所進行香杉 SSR 分析，材料取自本所蓮華池種源基地，和廣島縣政府提供的22個樣本材料。和林木育種場使用相同的25個基因，其基因型訊號判讀穩定的引子對進行遺傳分析，將日本22株和蓮華池種源後裔試驗的種源區樣本48株，總共70株樣本以個體間的遺傳距離為主，透過向量分析，挑出解析度最高的兩軸，描繪於主座標分析圖，與遺傳結構和日方進行說明。發現台灣的香杉和中國杉木有明顯區分，而日本22樣株又另位形成一群。值得注意的是大點兩杉樣本和中國杉木較為相近。再進一步分析儀傳結構，最佳 K 值為2，接續為3，也可以看出來日本樣本形成獨立一群，而中國杉木和大點兩杉也成為一群，其餘樣本也為一群。因此，大點兩杉和台灣其餘香杉族群確實可以在遺傳結構與距離上有所區分。

根據與日方交流得知，22個樣本最早期為中興大學前身(臺北帝國大學附屬農林專門部)時任校長的八谷正義(任期：1934-1938)，返日後，八谷正義的學生寄回種子，並種植於廣島庄原市。根據文獻指出，杉木(福州杉)為黃財文、王套兩人1830-1850年間引進，雖後又發現嘉義竹山一帶具有原生廣葉杉，採種試驗種植情況良好，因此，這兩個品系遂成為當地優良造林樹種。由於黃、王二人引種至1934年也相隔100年，杉木確實有可能已經於台灣結實繁衍，推論有可以日本人攜回種植的可能為嘉義竹山一帶的大點兩杉(這邊於佐佐木舜一於1935記載：台東地區稱福州杉為大點兩杉，是否和竹山嘉義的大點兩相同，不得而知)，並與其餘台灣區域的香杉在遺傳上有所差異，因此，我們推測八谷正義使用的種子可能已經是不純的香杉，而是中國杉木，或是被錯認的大點兩杉(由於大點兩杉的原生地已經不存在，無法判別當初命名大點兩杉的正確性)。然而，本次試驗尚有基因型的缺值，且使用蓮華池的樣本數量僅48株，未來再增加樣本，將可以更有效說明解釋。

在日方的研究顯示出，並加上本所於2023年寄給廣島縣政府的種子，進行試驗，表明台灣的種源仍具有特殊性，並且和我們進行的結果有所差異(Dr. Michiko Inanaga 簡報)。然而，我國和日本在使用的材料上，僅有日本廣島縣

政府提供的22株樣本，其餘樣本皆不同，在我國部分，未來應：1.再次取得天然族群香杉樣群，進行遺傳分析與復育，做為比對，除了可以確保蓮華池樣本的真實性，更可以再復育一些香杉天然母樹資源。2.取2023年交換的種子苗，增加進入 SSR 分析樣群，確認分析結果。最終，我們建議未來應該整合雙方樣本，將 SSR 資料進行交換整合，共同合作發表文章。在這部分，日方樂見其成，並且在2016年的合作備忘錄下，再行增加附錄延伸香杉遺傳分析章節，並遵守國際法規與 ABS 原則進行。

- 扁柏屬植物育種與材料交流討論會議

樹木測量為林業管理及試驗皆為重要之步驟，藉此了解林地的木材資源分佈情況，幫助決策者制定適當的林業經營計劃或保護措施，以持續管理並合理利用林木資源。另透過定期樹木測量，可了解該林地之生長量及生物量情形，進而了解林份之碳吸存情況及提供有關環境變化和生態系狀態的寶貴訊息，該數據亦可用以監測植被演替或評估人類活動對於森林環境的影響。會議之前，林木育種場帶領我們參觀日本扁柏嫁接種原區，並且都已經開花結實，進行實際測量、楊式係數檢測和授粉解說。概述如下：現場由 Forest Tree Breeding Center (FTBC) Kanto Regional Breeding Division 的 Dr. Akira Tamura 及 Dr. Yusuke Takahashi 針對日本扁柏 (*Chamaecyparis obtusa*) 之選育及測量近進行示範及報告。日方於該中心之日本扁柏試驗林地示範電子樹高測計儀、木材強度偵測儀 (Pilodyn)、木材應力波計時儀及催花技術等，藉此了解不同林齡及種源之日本扁柏各階段之生長及木材情形，我方實際操作並與其交流本國樹木測計方法。

後續由分別由 Dr. Akira Tamura 報告「Breeding of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) in Japan」(日本的日本扁柏育種情況)，以了解目前該物種育種於日本從過去至今的執行情形，目前以於2003年啟動第二代選育；Dr. Yusuke Takahashi 報告「Modeling of radial growth curves and radial variation of basic density in *Chamaecyparis obtusa* planted in two progeny test sites」(種植於兩個試驗點之日本扁柏子代其徑向生長曲線和基本密度徑向變化模型建置)，該研究比較兩個不同測試地點種植的36個家系子代之木材密度數據，其結論為日本扁柏之木材材質雖然會受到環境因素 (the effect of macro- and micro-environment) 影響而變化，但主要還是受基因因素 (genetic factors) 影響為主，故增進育種計劃會更有效改善木材密度。從兩個報告中了解日方對於日本扁柏育種之現況、長期規劃、木材生產及後續利用之重視，並確保未來木材供給之質與量。

日本扁柏木材之物理及化學性質佳，被廣泛應用於日本之建築結構及內部裝潢，亦包含神社和寺廟等，故於日本文化及宗教中具有重要地位。日本約25%之人工林為日本扁柏，其重要性僅次於日本柳杉 (*Cryptomeria japonica*, 44%)，日本扁柏之於日方為極重要之經濟及文化樹種，故該種源對於該國林業發展和經濟增長至關重要。

我方報告目前台灣森林及產業現況及台灣扁柏屬 (台灣扁柏及紅檜) 之生態特性及相關研究，進一步說明台灣扁柏和日本扁柏為同種變種，外觀特徵或親緣關係較近，然兩種間之相關研究欠缺，又尤其本國針對該屬木材於111年12月1日起便管制出口 (包括臺灣尚楠及牛樟等共計4種臺灣特有貴重木) 及說明發展 DNA 木材鑑定之緣由，並希望透過和日方交流討論後續合作或種子交換之可行性。然日本扁柏為日本的重要戰略資源，再者恐有遺傳結構汙染之慮，日方暫無意願繼續我方提案，並再次強調可專注於香杉的研究，作為雙方的合作亮點。

臺灣之木材資源需求量大及依賴性高，為重要貿易物資，各國亦逐年增加限制木材出口強度。我國應加強重視扁柏屬植物其經濟及研究價值，以及其他特有木材種類 (如香杉、台灣杉及尚楠等) 及其種源之於國家戰略資源之重要性。

- 日本扁柏造林試驗地參觀

林木育種涉及選擇優良親本、選拔、交配、試驗及評估等多個步驟來提升木材質量、抗逆性和環境適應能力。優良母樹之選擇為林木育種的源頭，透過採集其種子或進行人工授粉，篩選出具有優良木材品質 (如硬度、密度、耐久性) 和高產量特性的品系；亦可提高新一代植物對病蟲害、氣候變化和其他逆境的適應能力，有助於減少死亡率，提升林業系統的穩定性和可持續性。故優良母樹對於提升林木產品的市場競爭力和經濟效益至關重要。

6月6日早上，由 Forest Tree Breeding Center (FTBC) 之 Genetic Resources Department 的 Dr. Keiya Isoda 及其同事帶我方前往筑波山勘察日本扁柏之優良基因保護林 (Superior Gene Conservation Stand, SGCS)，林齡為54年，約0.99公頃，木材材積每一公頃為295立方公尺。並透過利用 SGCS 的種子建立人工林，以保留基因優良的自然/本地老林。目前日本扁柏約有50個 SGCS，其組成來自40個優良林分。我方勘察後發現該林道維護妥善、林地土壤濕潤及腐植質層厚，另該 SGCS 之個體主幹通直，樹高直徑達30公分以上，平均生長情形相較周遭林齡較低之林分佳。

透過本次勘查明白優良母樹選擇、後裔選拔及基礎資料收集之重要性，林業為長期經營之產業，本國林業政策雖處保安重於資源利用，木材自給率

逐年遞減，惟林業為長期投資，林木育種不僅是提升木材質量和產量的重要技術，更是促進永續林業發展及推動技術創新的重要途徑，故該門專業不可忽視並應持續精進，以與山林環境共存共榮並符合國際林業趨勢。

- 日本總合森林研究所筑波總場

本次參訪日本總合森林研究所，主要透過吳副研究員家禎，在過去一場國際研討會和 Dr. Setsuko Suzuki 同為講者，並且相約拜訪，主要日本總合森林研究所，有架構公開的 ForestGEN 資料庫 (<https://forestgen.ffpri.go.jp/en/index.html>)，這個資料庫主要涵蓋日本重要的樹種基因資料，並且和木材標本館資料 (<https://db.ffpri.go.jp/WoodDB/JWDB-E/home.php>) 可以有所對應，兩研究團隊相互有所合作，進行資料庫建立。

簡報由研究室主持人 Dr. Saneyoshi Ueno 進行簡報，介紹如何使用 ForestGEN 的比對(BLASTn)功能，以及相關的資料串接，基本上，使用和一般生物資訊在 NCBI 網站上查詢相近，而該團隊建立全日本原生木本植物的 DNA 條碼序列，也建立在該資料庫中，可以針對「僅日本」本土植物進行序列資料比對，減少序列比對誤差與其餘不相干的序列比對造成的偏誤。該團隊也透過全葉綠體基因組，觀察不同海拔區域的物種，面對氣候變遷下，物種與族群間全葉綠體基因組的序列變異。這兩個簡報主要在呈現透過解序技術，在序列尺度上，對於研究的應用也會有所差別：透過大量 DNA 條碼可以小片段，多物種的觀察，並比對建立資料庫；而透過全葉綠體基因組可以大片段、大範圍的比較較少量樣本物種間的差異性的序列位置。同樣是定序技術，但是可以解決的問題不同。

我國也進行簡報，針對全葉綠體基因組，由於吳副研究員家禎，進行多個全葉綠體基因組的研究與發表，在全葉綠體基因組上，的確可以透過序列分析，像是葉綠體序列上的微衛星體區塊、SNP 位置等進行更細緻的研究，進行鑑定、演化計算等；但在 DNA 形條碼的建立工作上，我國目前多為大型計畫在支持，早期曾經多個研究單位，以本所動態樣區進行木本植物的取樣，並且針對特定、國際常用的葉綠體形條碼進行定序資料庫累積，並沒有一個完整統一的平台進行建立，這是未來林試所可以建立的「林木 DNA 形條碼資料庫」。

過程中，提到建立 DNA 形條碼資料庫，是否可以使用植物標本館的樣本，或是全部都採集新鮮樣本進行 DNA 萃取與定序工作。日本團隊建議如果有新鮮樣本，則可以採集、萃取 DNA，並同步建立於植物標本館及木材標本館的館藏，作為橫向連結資料庫。本次基因資料庫，由於日本方每年投入大量的電腦設備、平台維護等經費，這部分他們的模式是委託外部電腦資訊

廠商維運，他們也建立如果平台可以共享，未來台灣如果建立的 DNA 資料，可以直接掛在日本的資料平台上，作為兩國資訊公開與合作的成果。針對於此，會議中則是先保持中性立場，待未來我國建立林木「林木 DNA 形條碼資料庫」後，再依循雙方研究階段，進行評估，若是可行，尚需要符合國際相關條約、並我國農業部同意後才能進行資料交換與平台使用的洽談。

- 木材標本館交流與參訪

木材標本館負責學者為 Dr. Hisashi Abe，過去經由國際會議，吳副研究員家禎，跟 Dr. Abe 有所認識，本次由於建立木材 DNA 資料庫，有一部研究將應用在木材鑑識科學上，因此，前往日本森林總合研究所木材標本館進行訪問，了解其木材鑑定的應用與相關科技。

在日本，木材鑑定的需求算是十分小量，一般民眾與商家，並未重視此部分，甚至木產品物種標示錯誤，似乎也不受消費者重視，因此，委託鑑定十分稀少，但是木材藝術品鑑識卻是偶由少數案件，因此，另外，透過穩定同位素追蹤特定木材中的碳元素，或是採用 NIR 光譜(Near Infrared Spectroscopy)利用電磁譜近紅外線區(從約700 到2500 奈米)的測量方法。透過測量從樣本散射和穿過的光，NIR 反射光譜可用於快速測定材料的性質，且對樣本不會損傷，就可利用於木材鑑別。

木材標本館建置有植物標本收集，在採集木材時，如果同步有植物其他組織的樣本也會一併收集保存，作為木材鑑定的重複確認(double check)，另外，也可以將採集到的新鮮組織萃取 DNA，同步將定序資料建立於 ForestGEN 資料庫內。木材標本館中，陳列各種木材標本，也保持與國際木材交流的機會，木材標本館也有公開資料庫網站，(<https://db.ffpri.go.jp/WoodDB/JWDB-E/home.php>)包含影像數位化、木材染色、木材解剖影像等的數位化，都供給公眾參考。

- 東京大學訪問交流

氣候變遷為全球須面對之重要課題，其中林業面對氣候變遷的挑戰，需要綜合運用多種策略，從品種選育、經營及撫育等，以確保森林資源的永續利用和生態系統的長期健康。由於氣候變遷導致極端天氣事件增多，其第一步為調整及篩選林木種類及品系，如選育耐旱、耐熱及耐寒等性狀，以提高抗逆性和生長適應性。

本次參訪安排至東京大學拜訪農業生命科學研究生院之田無演習林准教授 Dr. Susumu GOTO。我方報告目前台灣林業現況及目前執行之林木育種及應對氣候變遷等相關研究，另 Dr. Susumu GOTO 報告「氣候變動がダケカ

ンバの生存と成長に及ぼす影響」(氣候變遷對於白樺的生存和生長可能會產生影響)，該研究將不同種源之白樺發送並分別種植於不同緯度之試驗林(各大學試驗林)並長期觀測其生長情形；另報告「Unraveling the Genetic Basis of Local Adaptation in *Abies sachalinensis*: Application in the age of climate change」(了解 *Abies sachalinensis* 在地適應的遺傳基礎：應用於氣候變遷時代)，透過將不同種源之 *Abies sachalinensis* (8個種源來自 Mt. Darioku, 海拔1460公尺) 分為6批分別種植於不同高度 (海拔230、340、530、730、930及1100公尺) 之試驗地，長期監測不同林份之生長情形。上述結果皆為日本未來林業因應氣候變遷之不確定性提供重要參考數據。

以上與氣候變遷相關之林木試驗皆需大尺度 (如橫跨不同緯度及時間尺度) 之造林、撫育及長期監測才能獲得相關資料，初始除須有遠見之試驗規劃及長期經費之支持，亦須長期累積紮實之測量資料，除此之外亦須整合國內不同單位合作執行，皆為我方林業研究值得學習之處。氣候變遷為各國皆須面對的議題，加上本國地形環境特殊，極端氣候所導致之災害便更加嚴峻。故本國林業未來除以林業經濟發展及提高木材自給率為目標，同時考量資源之永續利用、民眾生活與生產環境之保護，亦須同時考量面對極端氣候及氣候變遷等影響，皆為刻不容緩的研究方向。

四、 建議

由於國際木材交易往來頻繁，我國針對木材產品進出口貿易需求量大，我國木材進口量保守估計高達98%，我國自給率不足2%，在氣候變遷與環境保護下的國際社會，木材將是重要的戰略物資。我國對於木材貿易的合法性都要有所因應與準備，在林業上，增加木材辨識能力，除了木材解剖學，以及 AI 影像辨識，積極建立木材 DNA 指紋資料，是各國的發展趨勢，由於DNA序列可以鑑定到種下，甚至是種原地理位置的層級，因此，具有發展潛力。另外，我國並未有林木 DNA 資料庫，對於具有高度生物多樣性的森林生態系，未來逐步建構林木專屬的基因資料庫是有必要，除了可以應用在鑑定與育種研究上，更可以使用在演化、遺傳與生態保育的策略擬定，提高我國在學術研究與木材貿易地鑑識技術，並符合國際趨勢。

綜合條列如下建議：

1. 我國必須要建立足夠數量的開放資料庫：有關我國重要木材，在木材解

剖影像、DNA 數據、化學成分都需要在加強建立，尤其需要由官方進行資料庫建立，並且可對外開放或申請使用之權限，並且在國際上積極尋找可合作夥伴，建立木材資料庫交換的機制，有利於我國資料庫與國際接軌，打擊非法木材貿易。

過去吳副研究員家禎，參與多次 APEC 打擊非法木材貿易專家小組，就有了解到跨域整合研究的重要，未來從基因資料庫出發，並且在木材鑑識解剖學上，而從國際趨勢來看，以國家為層級的林木資料庫，包含 DNA 資訊、木材影像資料庫、標本資料庫都是重要資源與發展的方向，未來我國都需要關注，且積極投入之處，增加我國木材貿易的認證，提高國內外木材貿易合法性與鑑定案件的鑑識能力，更積極地向國際或是廠商尋求合作機會，結合 AI 影像辨識與化學成分圖譜，將可以建構更佳的木材辨識技術的平台。

2. 需確認我國林木育種的關鍵物種：我國森林覆蓋率約為60.7%，未來更應該積極撫育，創造足夠的商業性價比高的木材產業，更應該努力建立保存與有效率的經營重要林木遺傳資源。本次出訪日本，若以木材戰略資源的角度，日本扁柏為日本的重要戰略資源，遺傳物質的流出，識必須要詳加考慮。而香杉對日本來說是外來物種，目前推廣面積與育種力度尚不及扁柏，從此對於我國可以反省：思考我國林木類遺傳資源的維持與保存利用。

3. 提升未來積極跨國簽署合作備忘錄的能量：本次出訪研究，針對扁柏屬植物天然種子和日方提出希望官方交換的可能性提出討論，並針對過去本所和廣島縣政府、日本森林總合研究所合作的香杉研究計畫進行交流，台灣扁柏種子因恐有汙染日本扁柏遺傳結構之慮，而無法繼續；香杉研究計畫則未來可持續思考並簽署合作備忘錄之附錄，共同進行研究，而日方在建立 DNA 分子資料庫上，有口頭邀請未來我國建立的遺傳資料庫可以建構在日本的平台上，而我們則提出未來可進行討論，並依照遺傳資源之取得與國際利益分享(Access and Benefit-Sharing, ABS)原則與慣例，並經過我國農業部核可再行研商。有鑑於國和國之間的關係，公務體系可以更大力度，充分授權與法制支持下，提升跨國合作交流的機會，讓新進公僕有提升視野的機會。

4. 未來本所應加強研究的要項：

1. 針對香杉種原位置的疑慮，應積極再行透過 DNA 分子標識突破台日雙方的疑問，像是2023年交換的種子遺傳基因型分析、以及天然香杉族群原生地基因型分析，這兩個是目前需要積極處理的方向，展現我國在雙方合作上的

誠意。

2.日本扁柏材料取得：應透過目前木材進出口商，或是其他合法管道取得材料，以建立我國扁柏屬植物分子標識鑑定系統。

結論

雖然台灣於1991年禁伐天然林之後，林木生產已非我國經濟收入的主要來源，然而，木材是全球重要資源，未來該資源會越來越缺稀，各國限制木材出口與合法性的強度會增加。藉由本次參訪，深化並建立本所與日本森林總合研究所關學者之學術網絡，透過拜會與討論，洽談未來簽定備忘錄制定之可能，在林木育種上，在林木育種的各個環節上，和日本差距甚大，在日本林業，日本柳杉和日本扁柏為其重要的育種林木，在日本，各單位極為重視遺傳資源的保存、利用與維護。本次出訪研究，了解到未來我國可努力的空間，尤其在林木育種經營領域上，我們長期並無重視林木育種領域，導致林木育種技術進程緩慢，世代變化下，許多育種資料的流失與消失，十分可惜，未來應加強建立我國在遺傳資源資料的收集與跨國合作的能力的培訓，以及國內林木類資料庫和其分子資料的建置等工作。

相關照片



成田山公園



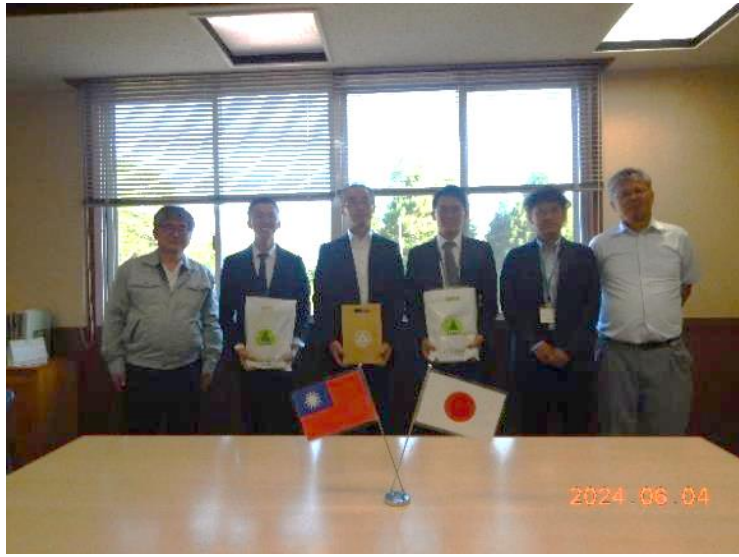
成田山-額堂使用大量檜木建成



成田山公園石碑與林木



新勝寺入口周邊的日本扁柏大樹



拜會林木育種場場長合照



於林木育種場簡報會議



日方示範電子樹高測計儀之情形



吳家禎副研究員操作木材強度儀於日北扁柏之情形



日本扁柏誘導開花示範



日方簡報情形



筑波山日本扁柏之優良基因保護林 (Superior Gene Conservation Stand, SGCS) 生長情形



本所勘查筑波山日本扁柏之優良基因保護林



黃郁嵐助理研究員簡報於日本森林總合研究所(筑波)



日本森林總合研究所木材標本館一隅



FFPRI 木材標本館-木材顯微鏡玻片樣本收集與陳列



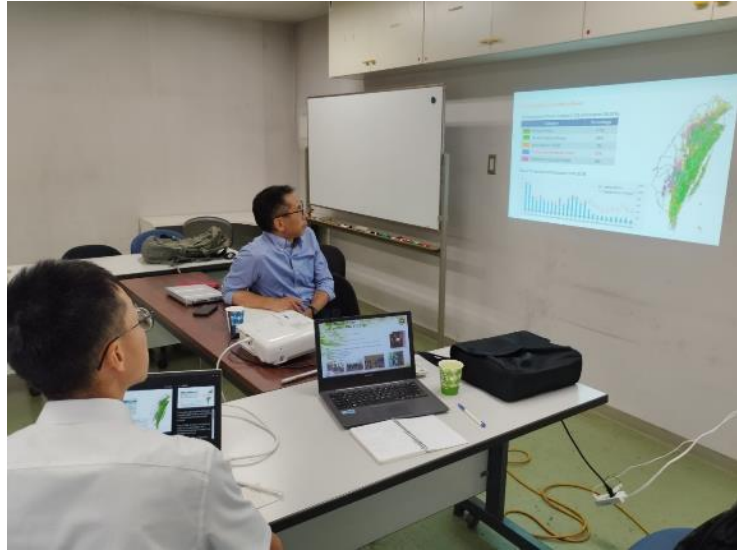
FFPRI 木材標本館-日本扁柏與台灣扁柏木材標本



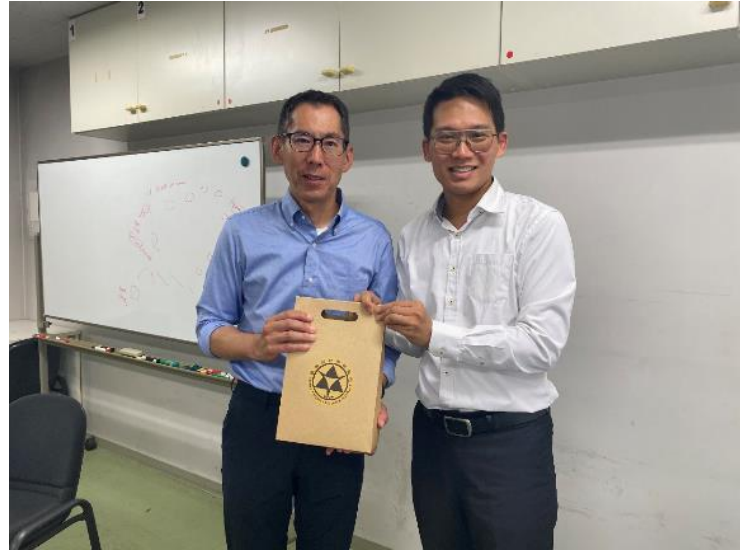
訪問人員和日本學者合影



與東京大學 Dr. Susumu GOTO 交流討論



本所黃郁嵐助理研究員於東京大學報告



本所吳家禎副研究員代表贈送本所宣導品