

出國報告(出國類別：考察)

# 考察日本德島縣林業振興政策與 機械化收穫技術

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

陳永修 副研究員兼主任

傅昭憲 副研究員兼主任

陳財輝 研究員

林裕仁 副研究員

派赴國家：日本

出國期間：105年4月11日至4月16日

報告日期：105年6月16日

# 目 次

## 摘要

壹、目的	2
貳、過程	3
參、心得	4
一、德島林業概況	4
二、德島林業振興政策	5
三、德島森林營造推進機構	10
四、德島林木生產機械化概況	11
五、德島林業人才培訓機制	15
六、京都市洛西竹林公園	16
肆、結論與建議	17
附件、參訪照片	19

## 摘要

我國近 20 年來停止國產材生產，為改善老化人工林之林相，林務局已執行造林疏伐作業 2 年。惟因相關採運作業人才老化，設備闕如或陳舊，使得林木採運作業相關技術相對落後。此外，臺灣私有林均以小規模經營人工林為主，經營效率與競爭力始終不足，為提高國產材採伐、集材、運輸效率，促進國內林業再生，本所近年來積極進行國際技術交流，致力發展符合國際規範之環境友善採運技術。借鏡日本林業振興的成功經驗，並加強雙邊交流與合作，可解決上述提及國內舊式林木採運作業漸失競爭力之困境，有利提升林木收穫作業效率，並解決林業長期存在勞力不足與環境衝擊議題。

本所獲得 104 年度國科會科發基金補助，執行「友善環境之木竹材採運機械與作業道規劃技術研究」計畫，透過參訪日本林業民間執行機械化高效率林木採運技術之成功經驗，進行實務經驗交流，以借鏡推動友善環境林木收穫作業永續利用之經驗，提高國產材自給率之應用政策。本次行程透過日本東京大學大學院農學生命科學研究科之酒井秀夫教授協助安排，由本所黃裕星所長率本所研究人員四位，參訪四國地區德島縣之林業經營現況，與德島縣廳農林單位及德島民間森林組合等業者，針對德島縣私有林應用高效率機械與機具之林木採運技術及林業技能人才培訓制度，進行會談與現場作業實務參訪，收集該地區林業在林木機械收穫規劃、執行策略、及目前技術及實務之應用等相關資訊。

從參訪行程可瞭解，德島縣政府為振興該縣日益衰退的林業，自 2005 年(平成 17 年)起開始推動「林業再生計畫」，以 10 年為期，循序漸進有策略地推動各項工作，經過 10 年的推動後，其縣產材之自給率已從 2004 年之 22%，提升至 2014 年之 51%，木材生產量從 2004 年的 17.4 萬 m<sup>3</sup> 提升至 2014 年的 27.9 萬 m<sup>3</sup>。計劃期間培訓具執行間伐作業系統之工作團隊達 50 組，增加伐採作業操作人才數達 251 人，林業相關產業就業人數達 228 人。自 2015 年起再繼續進一步推動另一 10 年之「新次元林業計畫」，以培訓年輕人為核心，藉以強化縣產材的生產體制，並藉著高性能林業機械的引進，大幅提升木材生產量，以期在 2024 年達到 60 萬 m<sup>3</sup> 為目標，該生產量約為計畫開始之初(2004 年)之 4 倍生產量，而所培訓林業技術人才，創造林業就業機會之人數將從 2014 年的 228 人，預估增加至 2024 年的 546 人。德島縣林業引進高效率機械進行林木採運經營之經驗，及林木生產作業培訓制度建立過程中，政策層面配合之建置，確實有值得國內林業擬訂振興政策學習借鏡之處。該等在制度面、技術面與實務面相互配合發展之成功經驗，可藉此出國報告內容，提供作為臺灣林業主管機關擬訂提高國產材採運效率策略之參考。

## 壹、目的

木材生產是林業經營最重要的功能項目之一，為改善國內人工林漸趨老化林相，林務局已執行造林木疏伐作業 2 年，然由於國內近 20 年來忽視木材生產，國產材長期生產比例過低，使得林木採運作業設備陳舊，相關技術相對落後，人員高齡老化產生斷層等現象。且國內目前最常看到的疏伐作業伐採林木，都利用人力以鏈鋸進行伐木和造材作業，並以架空索道進行集材和卡車運材，所使用之機械都已呈現老舊，作業效率低。同時在作業中對環境和工作安全之要求，均未加以特別重視。為達成提升國產材自給率之目標，並符合環境要求，當務之急，必須建立森林作業人員之訓練制度，引進高效率作業機具，讓現場人員瞭解相關之作業要求，規範和熟悉各類機具之使用，使其成為具備專業知識和技術之專業人員，如此，不但能提高採運作業整體之生產力，也增加個人收入所得。

日本從事林業生產主體，有七成以上是小規模私有林，面積達約1,400萬餘公頃，加上近年來其林業從業人員高齡化問題越來越嚴重，直接衝擊到森林經營作業與森林功能的發揮，此等概況與臺灣林業目前所面臨的狀態相近。日本政府為提高其國內木材自給率政策目標，在林業經營政策上訂定多項措施，有計劃地協助私有林主經營管理森林，尤其自1990 年後日本開始對人工林實施更新、撫育、間伐與主伐等森林經營管理措施，政策規劃每年實施55萬公頃之間伐作業。日本私有林由地方政府負責，要求私有林主必須按照森林計畫進行伐採與造林。對於面臨林業農村勞動力缺乏、勞動人口老化及勞動工資不斷成長，及木材生產效率逐漸降低狀況下，加強森林勞動作業之機械化，增進伐採作業之效率和提升作業環境之安全。日本近年來間伐柳杉得以低價大量出口至臺灣，可見其林木採運技術與集約經營之效率有其值得學習之處。

因此，借鏡日本林業振興的成功經驗，將可解決上述提及國內舊式林木採運作業漸失競爭力之困境，有利提升林木收穫作業效率，並解決林業長期存在勞力不足與環境衝擊議題。本所 104 年度獲得國科會科發基金補助，執行「友善環境之木竹材採運機械與作業道規劃技術研究」計畫，就以透過參訪日本林業民間執行機械化高效率林木採運技術之成功經驗，進行實務經驗交流，以借鏡推動友善環境林木收穫作業永續利用之經驗，並加強雙邊交流與合作，提高國產材自給率之應用政策。從參訪行程中所獲得第一手資訊，充分瞭解日本林業高效率機械進行林木採運之經營經驗，及林木生產作業培訓制度建立過程中，政策層面之擬訂等配合作法，對提昇日本私有林業者之經營效益有達到實質助益。亦即在日本林業近年來振興政策在制度面、技術面與實務面相互配合發展之成功經驗，確實有值得我國林業主管機關未來政策推動時，如提高國產材採運效率與國產材自給

率、改善國內林業相關林木採運作業準則、擬訂林業振興等政策時學習借鏡之處。此外，透過此類交流，建立國際相互合作管道，以期未來國內林業經營與林木採運技術得以持續提昇並與國際接軌。

## 貳、過程

此次參訪行程以日本四國地區德島縣與關西地區京都市，其行程內容簡列如表1所示：

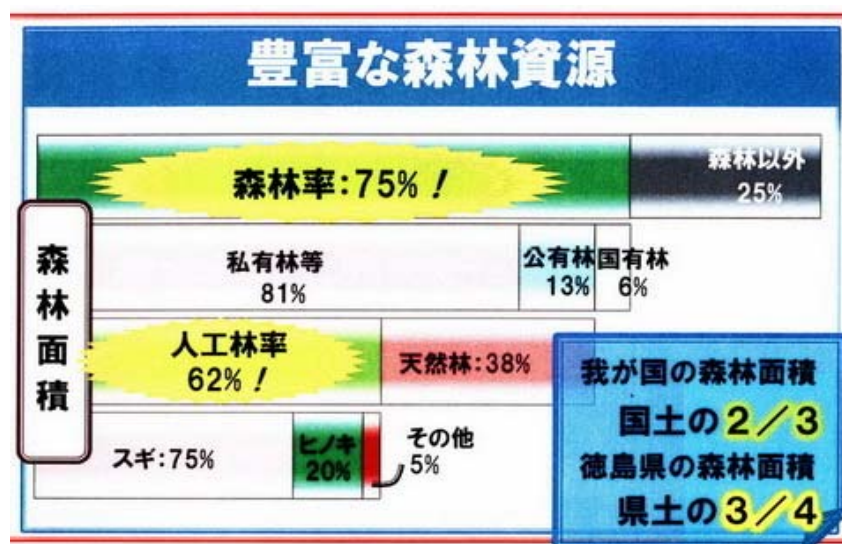
表1：參訪行程內容

日期	地點	活動與行程
105年 4月11日 (一)	桃園機場 →日本大阪關西機場(Osaka) →四國德島市(Tokushima)	往程 搭機前往日本大阪市、轉乘客運前往德島市
4月12日 (二)	德島縣德島市	上午：拜會德島市政府，與副市長雄古幸三，會談未來雙方林業合作事宜 下午：參訪德島縣 Nice Corporation 集團製材廠及德島那賀川柳杉合作社住宅展示場(德島板倉之家)
4月13日 (三)	德島縣那賀町	上午：參訪德島縣那賀郡那賀町機械伐採現場，觀摩機械伐採實務與效益 下午：參訪那賀町原木集材貯木場，瞭解原木供應產銷流程
4月14日 (四)	德島市→京都市(Kyoto)	上午：搭客運車前往京都市 下午：參訪都市林經營管理
4月15日 (五)	京都市	上午：參訪京都市洛西竹林公園設施 下午：參訪日本竹文化振興協會及京都大學森林科
4月16日 (六)	京都市 →大阪關西機場 →桃園機場	返程 搭電車至大阪關西機場，搭機返臺

## 參、心得

### 一、德島林業概況

德島縣位於日本四大島之一—四國島之東南隅，全縣面積 41.5 萬公頃，擁有豐富森林資源，森林面積約有 31.4 公頃，為全縣土地面積的 75%，人工林面積約 19.1 萬公頃，占 62%，天然林占 38%。林地權屬以私有林為主，占 81%，公有林佔 13%，國有林僅佔 6%。在過去經濟高度成長期間，需要大量木材供應產業發展背景下，曾擴大造林的規模，在人工造林組成中，造林樹種柳杉佔 75%、日本扁柏佔 20%，目前人工林中過半數皆已達到可以伐採利用的林齡。



自古以來林業是德島縣之重要產業，德島縣私有林比率高，在林業經營型態上有其獨特之特性，興盛一時的林業，曾為德島縣帶來豐碩的經濟利益，尤其縣內仍是孕育樹齡千年以上「禪僧杉」的發源地。然林業的產能，自 1965 年以來開始呈現衰退趨勢，尤其木材價格一直無法回復昔日較高之水準，致木材生產量從 1966 年的 69 萬  $m^3$ ，逐年消退至 2004 年僅剩 17 萬  $m^3$ ，林業從業人數也從當時高達 5036 人，縮減至 2004 年僅餘 604 人。此也導致以私有林佔較大比例之個人經營管理森林更形困難，在私有林主無法再繼續經營管理情況增加下，進而演變森林買賣案例增加，然此種買賣結果，往往形成森林所有權轉移到非以永續經營森林為目的，而是以開發、投機目的等事業體上，造成社會大眾擔心森林是否能再健全獲得維持管理。更嚴重的，具有全國各地資本背景不明的公司，由於收購森林目的無法清楚說明的事例增加，社會大眾考量屆時可能無法對縣內非以森林管理為目的之經營者對森林之保護加以規範等，縣內所有森林管理的重要性因而開始受到高度

重視。因此，有關山林之整理作業，透過國、縣、市町村的補助金制度，進行個人(包含委託森林組合)基本的森林維持管理工作，以活化個人的財產保護等政策與措施，均積極加以建置。

為維護德島地區森林環境的健全及更積極地振興德島的林業，德島縣廳農林單位在 2014 年 4 月 1 日，將原有在執行協助森林產業之「公益社團法人德島縣林業公社」及「公益社團法人德島森林及綠化協會」加以合併，新成立「公益社團法人德島森林營造推進機構」，強化法人在振興德島林業之功能與效能。在縣民相互提携及強化監督之下，以推展森林施業之基本理念，制訂「德島縣豐富森林守護條例」。此「德島森林營造推進機構」即為執行此條例的組織，作為森林有關業務的單一窗口，主要業務包括針對無法到達管理疑慮之森林的狀況掌握、協助各種團體及企業等多樣性事業體的森林管理、保安林制度的活用及擔任「公有林化」推進引擎的功能。

## 二、德島林業振興政策

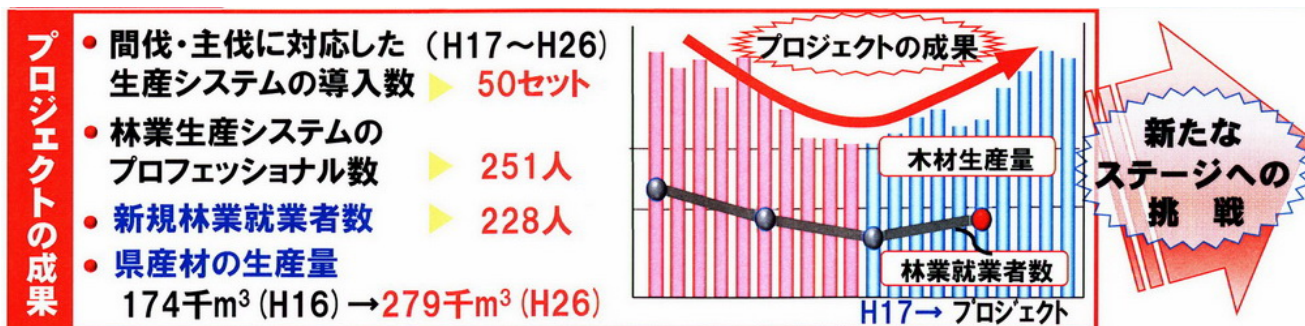
為振興日益衰退的德島縣林業，德島縣自 2005 年(平成 17 年)起開始推動「林業再生計畫」，以 10 年為期，循序漸進有策略地推動各項工作，茲將該計畫簡述如下：

- 2005-2006 年(平成 17-18 年)：計畫先期重要工作項目以導入高性能機械收穫機具與技術，建置高效能新間伐(疏伐)技術系統，並於生產力衰退的森林輔以開設作業道，獎勵林木間伐作業，並積極培訓新間伐系統技術操作人員，建置人才養成機制；計畫中則同時擬訂擴大間伐作業所收穫間伐木(屬 B 級材)之利用，以加工利用於製作合板為主，並同時推動更新間伐材製材加工設備、升級加工技術與強化間伐木之行銷利用等措施。
- 2007-2010 年(平成 19-22 年)：此時期德島縣廳稱作「林業飛躍」期，重要工作項目以強化間伐作業生產效能，提高間伐木搬出之利用，並推動林業與異業之結盟(如與建築業、設計業合作，創新木製產品之利用)，並制訂新法規與政策給予支援；計畫中另也強化間伐作業所伐採屬 C 級材之枝梢材利用，建置提供作為中密度纖維板(MDF)資材之供給系統，升級其產業供應鏈，並鼓勵其它行業加入，共同參與林業的振興與發展。
- 2011-2014 年(平成 23-26 年)：此時期計畫稱作「新世代林業」。經過前面 6 年對森林資源經營的整理與準備，將間伐作業後，留置於林地優勢大徑材(A 材)之資料進行統計彙整，此等大徑材將在主伐作業進行採收，而此等統計資料將作為未來產業預測與發展之基礎。此時期，也積極提升伐採作業機械化，針對大

徑材之伐採作業，引進高性能架線集材系統。此外，官方同時針對大徑木之收穫利用，推動獎勵企業投資大型製材工廠計畫，以期升級製材加工效能與技術。縣廳官方更於 2013 年 4 月制訂日本全國首件縣級之「德島縣產材利用促進條例」，並付諸實施，以鼓勵並獎勵社會大眾增加當地木材的使用。



德島縣林業經過上述策略性具體推動 10 年(2005-2014)之「林業再生計畫」後，其縣產材之自給率已從 2004 年之 22%，提升至 2014 年之 51%，木材生產量從 2004 年的 17.4 萬 m<sup>3</sup> 提升至 2014 年的 27.9 萬 m<sup>3</sup>。計劃期間培訓具執行間伐作業系統之工作團隊達 50 組，增加伐採作業操作人才數達 251 人，林業相關產業就業人數達 228 人。



德島縣衰退之林業經過 10 年的「林業再生計畫」的實施，已獲得成長與復甦，然德島縣林業單位並不以此為滿足，為邁向林業更進一步之未來，於 2015 年再繼續進一步推動 2015-2024 年(平成 27-36 年)另一 10 年期之「新次元林業計畫」。積



極擴大林業經營規模，計畫以實現「重視造林、伐採與保育，以森林資源的循環利用為核心之林業」之目標。計畫根據執行時間前後包括前期的「林業生產」、中期的「木材加工」與後期的「木材利用」三大行動方案項目，簡述如下：

#### 一林業生產(前期)：包括下列行動方案：

1. 提高縣產材之生產量：因德島縣森林所有權以私有林為主(佔 80%)，為提高林業整體經營效益，需先實現公有林及私有林的整體性管理，因此透過支援森林組合(林業合作社)方式，由官方提供森林經營管理技術協助，尤以推動森林主伐作業為重點，以達到提高縣產材從 2014 年的 28 萬 m<sup>3</sup> 至 2018 年 42 萬 m<sup>3</sup> 的目標。
2. 增加森林經營計畫面積：透過地理資訊系統(GIS)之應用，進行面積、所有者等資料之森林調查，彙整資料，界定森林境界，以制訂明確之森林經營計畫面積，透過集約化經營，方案目標在擴大森林經營計畫面積從 2014 年的 22,180 ha，增加至 2018 年的 60,000 ha。
3. 增加人工林面積：擴大苗木的生產，支援主伐作業後的造林與保育工作，以達到森林資源的循環利用，增加人工造林面積擬從 2014 年的 167 ha，增加至 2018 年的 300 ha。
4. 引進高性能自動化林業機械：因應不同地形之間伐與主伐作業與不同規模之作業場地，引進各種高性能自動化林業機械，包括多功能收穫造材機、運材車輛、小型機動柱式集材機及油壓式集材機等，以提高收穫作業之集運效能。此項方案目標在增加林業機械收穫系統從 2014 年的 50 組，增加至 2018 年的 66 組。
5. 增加林地作業路網之開設：因應提高間伐與主伐作業之木材生產量，強化林地既有林道與作業道路網的改善，同時增加新作業道的開設，方案目標在延長林區路網之開設從 2014 年的 7,040 km，延伸至 2018 年的 7,610 km。
6. 林業作業技術人員的訓練養成：因應林業技術人員高齡化導致的人才空缺，積極建置林業技術人員的教育訓練體系，此區分執行間伐作業操作組與主伐作業技師組的技術訓練。此同時增加林業就業機會，鼓勵企業投資林業相關行業與鼓勵創業設立公司。此方案目標預估在 2015-2018 年間增加林業就業人員至 120 人，間伐作業操作組人員從 2014 年的 251 人，增至 2018 年的 330 人，主伐作業技師增加至 40 人，創設林業機械支援中心，林業事業相關企業家數從 2014 年的 60 家，增加至 2018 年的 68 家。同時於 2016 年於德島縣開設林業學院，建立當地林業教育與訓練體系。

#### 一木材加工(中期)：包括下列行動方案

1. 木材加工產業技術與設備升級：因應縣內伐木作業增加所產生不同等級之木材數量，升級製材廠高性能加工設備，擴大加工規模，提升製材產能。德島縣將所生產木材區分為 A、B、C、D，共 4 等級，A 級材作為高價值製材原料，B 級材提供作為製作合板材原料，C 級材提供作為中密度纖維板(MDF)原料，D 級材作為生質燃料原料。此方案目標預計製材工廠增加縣產材使用量從 2014 年的 1,297 m<sup>3</sup> 至 2018 年 1,900 m<sup>3</sup>。
2. 推廣木材加工取得 CoC 認證：為確保德島縣產出木材品質，且利於對外行銷，除遵守日本國家木材「JAS 制度」標準外，同時推廣鼓勵木材加工廠參加 CoC 認證，無論是 FSC 或是 SGEC 系統。此方案預設目標在增加 CoC 家數從 2014 年的 15 家，增至 2018 年的 30 家。經過乾燥的木材出貨比率可從 2014 年的 35%，增加至 2018 年的 42%。
3. 增加原木行銷通路的建置：因應縣產材在 2024 年達到 60 萬 m<sup>3</sup> 的生產目標及市場對原木多樣化規格之需求，為強化木材市場機能，增加衛星土場的設置，以穩定木材供給系統。方案目標預計在 2018 年增加 4 處原木衛星土場。
4. 建置德島縣製材品儲備系統：除穩定木材製品市場之供應外，提供大規模災害時緊急木材需求，同時推廣大型木造建築設施，以推廣木結構取代鋼筋水泥結構之利用。方案目標預計在今年(2016)就要設置 1 處。
5. 設置德島縣木材行銷中心：目前規劃在德島縣東部津田市設置匯集德島縣全境木材製品之集散中心，以利縣產材擴展市場輸出至京阪神、東日本地區及海外。
6. 強化木材商品開發工作：結合產、官、學及民間力量，根據木材不同等級特性，合作開發木材新用途、新產品，擴展市場，如結合建築界發展耐震木結構建築、研發耐燃木材、開發染色木材產品、木製百葉窗等新產品，尤其是縣產優質大徑材之產品開發利用。

#### 一、木材利用(後期)：包括下列行動方案

1. 增加公共部門採購與使用縣產材：對於公共部門低層建築物以採用木構建築為主，內部裝潢擴大木質材料之使用，土木工事部分也盡量使用木質材料。此方案目標預計公共部門增加縣產材使用量可從 2014 年的 17,000 m<sup>3</sup> 至增加至 2018 年 24,000 m<sup>3</sup>。
2. 增加民間部門使用縣產材：活用縣產材產品，設置縣產材產品展示廣場，與民間業者與木材相關協會合作於民間推廣木材之使用，此方案目標預計民間部門增加縣產材使用量可從 2014 年的 94,000 m<sup>3</sup> 至增加至 2018 年 123,000 m<sup>3</sup>。
3. 設置柳杉兒童教育廣場：包括舉辦兒童木材教育活動，成立簡易木工教室，

- 以推廣兒童認識木材利用與學習簡易木工常識。此方案目標預計至 2018 年設置柳杉兒童教育廣場達 20 處，代訓此方案教育講師至 2018 年達 200 人/年。
4. 創辦木造建築學校：傳授木材性質、木構結構、木材防火、耐火性質、木材防腐與塗裝等木材加工知識，培育優秀木造建築士。此方案目標預計招收訓練學員從 2014 年開始，目標在 2018 年增加至 200 人/年。
  5. 增加相關商社企業結盟，積極參加展示會活動，促銷德島木材至縣外地區：與大都市企業合作，於人口眾多的城市舉辦促銷展示活動，增加德島縣木材於日本國內其他地區之銷售機會。此方案結盟合作企業團體目標預計從 2014 年的 2 個，增加至 2018 年的 20 個。
  6. 提高木造房屋整體輸出與木材出口海外數量：擴大高品質木材用於生產木造房屋之產品，並加強整體輸出行銷，利用多元媒體擴大傳輸德島產木材資訊，以增加出口海外機會與輸出量。此方案預計輸出木造房屋數量至 2018 年達 50 棟；出口原木量將從 2014 年的 3,500 m<sup>3</sup> 增加至 2018 年的 10,000 m<sup>3</sup>。



總體而言，2015-2024 年之「新次元林業計畫」規劃，以培訓年輕人為核心，藉以強化縣產材的生產體制，並藉著高性能林業機械的引進，大幅提升木材生產量。此外，由於縣產材量的增加，建置木材從根株到樹梢之全材利用之加工體制，

加上實施之「德島縣產材利用促進條例」，縣內不論公共建設及民間機構皆積極增加利用縣產材，擴大縣產材的利用。計畫也包括木材利用與學習木工技術的木材教育推廣。計畫主軸就是在提高德島縣木材之生產量，以期在 2024 年達到 60 萬 m<sup>3</sup> 為目標，該生產量約為計畫開始之初(2004 年)之 4 倍生產量。

### 三、德島森林營造推進機構

「德島森林營造推進機構」(以下簡稱「森林推進機構」)是於 2014 年 4 月 1 日由德島縣廳農林單位為強化德島林業振興計畫所主導成立之法人機構，彙集該縣各方林業資源，專責負責推動林業振興計畫與方案執行。在 2014 年前所實施之「林業再生計畫」是由該縣廳農林水產部之林業戰略課所主導，為延續該計畫執行後之具體成果，及強化德島縣林業振興之動能與提昇效益，後續 10 年(2014-2024)之「新次元林業計畫」則移交「德島森林營造推進機構」負責執行與推動，成為該縣私有林主或縣民申請協助森林經營管理相關業務之單一窗口機構。

該機構由於是合併其他林業組合所設立，會員數共 52 個，其中會員組成：德島縣 1 個、市町村 24 個、森林組合 9 個，森林組合連合會 1 個、公司 11 個、農林團體 6 個。另外，贊助會員等數共 15 個，其中公司 9 個、團體 6 個。其一般性業務包括：人工造林及森林的保育(分收林事業等)、森林的取得及整理、森林經營管理之委託(私有林、市町村有林等之委託契約)、森林資源的循環利用(縣產材生產)、綠的募款事業(募款推進及交付款事業)、企業募金施行森林營造、木材教育之普及推廣、森林之調查研究、森林管理資訊收集、林業技術人材養成訓練及其它林業相關事務委託等。

該機構因整合德島縣林業產、官、學、民間各界資源，已成為振興德島縣林業的核心組織，挑戰德島縣的木材增產目標，因此訂有「擴大公有林及私有林之整體性管理的實現」、「縣民綜合實施森林保全及綠化推進」及「縣產材生產倍增及林業關係團體等活動支援」3 項事業目標，以推動前述各項行動方案，創造以林業作為地方再生的啟動力。此次參訪行程中，在與該機構承辦人員接觸中，從每位職員名片中背面印有「德島向東京看齊宣言」的標示，可體會該機構振興德島縣林業之強烈使命與企圖心。



## 四、德島林木生產機械化概況

德島縣 2004 年開始推動「林業再生計畫」，其起始工作就在先建立「新間伐系統」所需的技術，主要藉著高性能林業機械及作業道等，將間伐木有效率的搬出使用。其首先開設寬幅 2 m 左右之簡易作業道，使用可在作業道上作業之小型車輛系高性能林業機械(迴轉式集材機、造材處理機、運材機，通稱為 3 點組合)，不僅有效率地生產間伐材，且有效能地搬出間伐材，號稱「再生飛躍」之作業系統。該間伐作業包含伐倒、集材、造材與運材作業，簡述如下：

### 1. 伐倒作業(鏈鋸)

於坡地仍以鏈鋸伐倒為優先採用方式。為求整個作業能安全及有效率的實施，最初的伐倒作業極為重要。伐採木的選木作業上，首先將砍伐立木加以標記，此作業必要的人員最好為 3 人來共同實施為宜。而且，在選木作業上，受到後續之作業性而有很大影響，必須對集材作業有充分理解的人參與。因此，迴轉式集材機操作員及擔任荷掛的人最好也參與選木作業。

在間伐木之選木方法，列狀間伐的選木與林木的形質良好與否無關，而是依伐採列的寬幅及間隔(留存列的寬幅)來決定。基本上，間伐率為 3 分之 1，大致為留 2 伐 1 之形式。例如立木密度每公頃為 1,200 株時，其立木的平均間隔為 2.9 m，伐採寬幅大約為 3 m。若留存列大約 6 m，留 2 伐 1(間伐率則為 33%)。此外，亦有留 3 伐 1 之方式，其間伐率約為 25%，收穫材積較少，不僅伐採利潤會降低，且無法誘使留存列中央木生長促進作用，間伐效果較無法充分發揮。而且，形狀比大(細長)林木留存，容易成為風倒木或雪害木，對接鄰木產生危害的危險度增高。

此外，為考量集材時的作業安全性，伐採列基本上以與等高線垂直相交為主，以形成道路下方之稜線突起部分與道路上方之凹谷處之魚骨狀間伐。

### 2. 集材作業(迴轉式集材機)

集材作業使用迴轉式集材機，不需使用架線主索，僅以附掛捲胴裝置進行簡易拉索方式集材，而且可以迴旋手臂之集材機進行裝載作業。迴轉式集材機通常設置於原木集材列之際，車體正面向著集材方向，捲胴及具備伸展臂之滑車與圓柱成為一直線為基本。若是，作業道不夠寬時，必須削掉山側以拓寬路幅，且從臂後方連結控制索，此需利用圓柱來配合。而且，車體之排土板必需要接地。尤其在軟弱的地盤上，為防止地面下沉，路面須鋪上原木來補強。車體要稍微後傾，其安定性會較好。

集材從作業道較近的木材開始依序進行，伐採木重疊的情形，上面的木材先加以集材。特別是從作業道上方向下方集材作業，集材木會碰到伐倒木或浮石而

滑落，可能會與迴轉式集材機碰撞之故，絞盤操作人員需離開操室，在視野良好安全處，以遠端遙控來運轉。若需要操作機械的旋回及移動時，必須放鬆集材線之後才能開始操作。而且，集材線張力太大，集材木會完全脫離地面，導致迴轉式集材機有傾倒的危險，保持一半地力拉引狀態來運轉較安全。

對伐倒木之荷掛的位置而言，若是向上荷掛集材的話，其位置在原木基端附近，若是向下荷掛集材時，則是將梢端部分以繩索荷掛為基本。特別是向下荷掛集材時，伐倒木會滑落到斜坡面之作業道上，可能會有撞擊作業員及機械的危險，必須從梢端部向下拉引為宜。另外，集材木易滑落之急傾斜地之向上荷掛集材，必須將立木與根株以繩索緊縛。集材的木材以處理機直接抓取時，因透過機械的近接作業，其危險性高，機械的使用方法必須極為小心。

同時，迴轉式集材機之作業索反覆頻繁的放鬆與緊張之故，操作員需注意機械的安定性與鋼索的狀態，特別是在激烈的高速運轉及急制動時，集材線有暴裂的危險，也會誘導捲洞的亂捲，此時會讓絞盤無法運作，導致引擎停止或是離合器斷裂，造成捲洞成為無剎車狀態，此時若繼續以遠端遙控操作，其作業將是非常危險。迴轉式集材機乘車時，操作員基本上需繫安全帶。集材機翻落事故統計，操作員從座艙拋出被壓之例子極多。將身體固定在操作座，危害會較少。

### 3. 造材作業(造材處理機)

使用可以施行木材打枝、量測、造材與全木集材之造材處理機。為方便處理機作業，需集材之木材排列方式一般採用向著作業道垂直列狀並排。此些木材依角度從上方開始依序抓取，可在作業道直接造材。處理機無法斷切之大徑木，則以鏈鋸輔助造材。經造材圓木可推積放在較寬作業道側邊空間，通常放置於谷側為多，且以不損傷留存木為原則，並最好以立木為阻擋物加以活用。

為方便運搬機之裝載作業容易實施，圓木底端(或尾端)儘可能以同一方向排放為宜。由於造材處理機作業旋轉時，引發傷害留存木比例高，因此，作業時不僅需注意前方，作業場所周圍旋轉方向應預先加以確認極為重要。

### 4. 運材作業(運材機)

運材作業所使用之作業機具以可在寬幅2.0 m左右作業道迴轉行駛，載重在3 ton以下之車輛為主，可為橡膠輪型或履帶型動力傳輸。車體可採用附加抓斗裝置，運材作業場地若有集材機可協助抓取圓木上車，也可採用非附加型式。以抓斗將木材堆積於運材機作業時，運材機儘可接近木材堆積停靠，從離車體較近木材開始抓取，抓取處需考量木材的重心位置，圓木底端向著車行進方向整齊排列，木材應整體平均堆放於車台。為求達到效率良好之木材運搬及堆放，在最大積載量

的範圍內，須儘可能之堆放較多木材。在作業區土場之原木堆積，不要堆太高，作業性會較良好。而且，圓木端面須堆放整齊，後續裝載作業會較順利進行。

同時載運的量，需考量運材車的爬坡能力及安定性來決定，且須以繩索緊縛木材防止崩落。裝載荷重之運材機在轉彎時，長尺寸木材的後端常會碰到作業道旁立木及坡面，因此，在作業道轉彎時，需頻繁地確認車體的後端部分。下坡急陡時，過量裝載會招致使制動打滑及迴轉時的橫轉，會損傷路面及機械。因此，路面常鋪設枝葉，減少路體與機械的摩擦損傷。

以迴轉式集材機、造材處理機、運材機所建立高性能林業機械組合，係針對間伐作業為主，且需有足夠的作業道路網配合。然針對位於地形陡峻、大面積山區之主伐作業(通常為皆伐作業)，上述機械組合能使用的地方極為有限。為提高地形陡峻山區主伐作業集運效能與生產量，通常需要採用技術層次較高、較複雜的架線集材作業，架線集材技術是林業技術中之對安全性與效能要求較高之專業技術。架線集材方式，簡單說是在空中架設鋼索，使用集材機將木材從林地搬出之方法。近年來，日本的林業最普遍使用之架線集材為循環泰勒氏架線型態，其主要概念是在集材機上連結可循環回轉之鋼索，藉以收集木材的方法。泰勒氏循環架線系統主要由集材機、主索、搬器、循環索集舉索組成。

**集材機**是帶有引擎動力，負責捲繞鋼索的機具，通常以 3 個鋼軸捲洞為多。操作各個捲洞，即可操作帶動循環索、昇舉索而移動搬器，藉著將鋼索放鬆、緊張等動作，可供將木材吊下或吊上等功能。**主索**是提供承載負責搬運木材搬器所之鋼索，主索固定在兩端之立木上，與集材機不直接相連。**搬器**是附有滑輪在主索上移動的鐵製器具，透過循環索與昇舉索的相互作用，搬器功能在控制循環索與昇舉索在主索上移動的距離，以便準確地控制拉舉木材的位置。亦即因在主索上，藉著循環索的操作，可將搬器往遠端送，也可將遠端木材拉回到預定集中場所集中。**循環索**是集材機操作移動搬器在主索上到預定位置之用，通常該鋼索纏繞於集材機專用捲洞，循環索單純來看如下：



圖示小圓圈是集材機的捲胴，循環索通過集材機而循環運轉，亦即，集材機的捲胴向左回轉，可前進到遠端，向右迴轉，可將搬器拉回到面前。惟搬器只能在木材的正下方移動，搬器在高空會急速下降。於是，設計**昇舉索**，藉以吊上與放下木材。昇舉索一端連結集材機，另一端與木材連結固定。當轉動集材機的捲胴，緊張或放鬆昇舉索，可藉以吊上或下降木材。昇舉索放鬆的話，移動索下降至預定收集的木材處。而昇舉索緊張的話，移動索則將木材吊上。在此架線系統上另一個重要零件部位是也是固定在主索線移動的「帶鉤滑車」，同常附掛在主索正下方稍微偏離之處，帶鉤滑車通常下吊著木材，轉動集材機的回控索捲胴，拉緊或放鬆回控索，即可轉動帶鉤滑車。

總結泰勒氏循環架線系統主要組成與操作有：

1. 供搬器乘載之主索
2. 移動搬器之循環索
3. 供帶鉤滑車下降上升之昇舉索
4. 在主索正下方、與帶鉤滑車稍微偏離之回控索

與集材機有關的是第 2-4 項的操作。目前會操作架線集材的技術人員大為減少，且多無後繼者。尤其，會架設距離超過 1,000 m 架線設置的技術者相當有限，因此，要提高木材生產量，架線集材技術的重要性日益提高。

## 參訪大型製材廠

德島縣實施第二期之林業振興計畫—「新次元林業計畫」，為期縣產材的生產及消費量到 2024 年度能倍增達到 60 萬  $m^3$  之目標，尤其是提昇 A 材原木之生產力與擴大需求，鼓勵大企業投資並獎勵，進而與日本耐斯企業集團(NICE GROUP)合作，先於 2004 年開設德島營業所，2008 年協助取得 673.1 公頃之「耐斯德島之森林(德島縣那賀町)」，2015 年 5 月 14 日遂在德島縣小松島市興建完成「德島製材工廠」。本次參訪團得幸獲得安排參訪該製材工廠，該廠用地約達 2 萬 4,000  $m^2$ ，包括製材場及加工場、乾燥室等約 6,700  $m^2$  等建築物組成，該製材廠以加工德島縣周遭區域森林所伐採原木，生產提供內需市場所需之相關製材為主要產品。製材生產線為提高產能及產品品質，降低生產成本，均採用高效率自動化新型機械，如裝置有可製材大徑木之最新型雙帶鋸自動製材機，可供良質 A 材原木製材，因此，其產品包括構造材及一般多元化製材品皆有。製材工場的營運係由耐斯集團的 Woodstore(公司)主導，製品的販賣則由利用耐斯集團之全國與海外供銷網進行行銷。耐斯公司是建材、住宅設備機器業者，從木材商品購入、全國的住宅之營造販賣，經手之商品為、木材、建材、住宅設備機器、太陽光發電系統、2×4 材、集成材、輸入住宅商品等，木製屋整棟建築用資材販賣。耐斯公司不僅是建築資



材商品而已，也接受供各工程單位所需要之營業活動。工程單位之營業活動從設計、工法之提案、販賣店等業務，提供豐富的營業項目。為求顧客的舒適住宅營造實現，成為「夥伴」關係，與工程單位及販賣店等業者，與最終消費使用者均有密切配合之業務。

## 五、德島林業人才培訓機制

德島縣為加強林業專業人才培訓，培養能立即在德島縣內林業現場發揮知識及技術力之人員，從 2016 年 4 月 1 日之新年度起，由「德島森林營造推進機構」負責人才培訓招募作業，陸續免費招募培訓為期 1 年之學員，採菁英培訓方式，訓練能確實操作及規劃實施林業的相關技術人才。學員招募條件為：1.到 2016 年 4 月 1 日，滿 18 歲、2.在德島縣內之市町村有住民登錄者、或是確實從已在林業工作者、3.訓練結束後，需在德島縣林業領域就業。申請方法，填寫招募要項內「受驗申請書」等必要事項，郵寄至「德島森林營造推進機構」收即可。

受訓時間從 2016 年 4 月 1 日至 2017 年 3 月 31 日，為期一年。受訓內容包括課堂講授、實習及資格取得三階段。課堂講授階段主要傳授「森林·林業必知知識」，對林業工作有助益之基本知識；實習階段以「體驗林業現場」為主要目的，針對林業事業體進行新生實習，學習現場的基本技術；在 1 年受訓取得資格階段，以習得林業工作必要操作技能為目標。受訓期間相關的教育訓練課程如下：

1. 伐木等特別教育
2. 機械集材裝置運轉特別教育
3. 鏈鋸等機械處理作業者安全衛生教育
4. 堆高機運轉技能講習
5. 車輛系建設機械運轉技能講習
6. 小型移動式起重機運轉技能講習
7. 原木堆積技能講習
8. 伐木等機械運轉特別教育
9. 走行集材機械運轉特別教育
10. 簡易等架線集材裝置操作教育等

此外，為鼓勵從事林業工作，德島縣設置「綠的青年就業準備給付金制度」，每個月可獲支給 12.5 萬日圓，給付對象須具備下列條件：

1. 已受訓期滿成績合格學員
2. 滿 18 歲、未滿 44 歲者
3. 在德島縣從事林業工作者

4. 無簽訂長期雇用契約者
5. 僅供生活費的確保目的，無領其他事業經費給付等者
6. 過去無領過「綠的青年就業準備給付金」者
7. 須提出保證書誓約書(必須有保證人 2 名)
8. 需協助申請內容等調查
9. 能達到受訓課程所要求能力者
10. 嚴守給付有關規定者

德島縣對林業技術人員的培訓已建立具體可行的訓練機制，此對德島縣未來林業振興政策落實具有重要的意義。在參訪過程中，德島縣力邀臺灣亦派人前往參與受訓，如此可讓林業技術人才養成獲得更紮實的成果。惟因派員前往習得技術，所能受惠人數有限，因此，黃所長建議日方能夠派技師與講師來臺灣，將其培訓人才體系移師臺灣，在臺灣建立林木集運技術訓練中心，如此方可在短期內培訓更多年輕人才，承接其先進高性能機械林木採運技術，配合政策，振興臺灣已衰退許久的林業。

## 六、京都市洛西竹林公園

在京都大學退休名譽教授渡邊政俊博士的安排下，在此次參訪行程中得以參訪位於京都市市郊之洛西竹林公園參訪。京都市為日本的古都，東、西、北三方被山地圍繞，其中西山從嵯峨野、嵐山到京都府日向市等地區，竹林面積廣達300 ha，古來即為有名的孟宗竹竹筍及竹材產地。1970年代左右，京都市積極開發洛西新市鎮作為住宅使用，現在新市鎮周邊雖仍留存約260 ha竹林地景觀，但因建設新市鎮，需要伐除極多的竹林，因應市民積極保存竹林之聲高漲，作為新市鎮紀念事業之一，京都市住宅供給公社於1970年代期間，在前京都大學教授上田弘一郎教授指導下，規劃建設洛西竹林公園，並於1981年6月開園供民眾免費使用，迄今已有35年歷史。渡邊政俊博士也是當時規劃委員之一。

自古以來，竹雖與東方民族之生活、產業、文化，藝術等有極深的關連，而一般人也雖常見、但卻是不甚了解的植物之一。因此，洛西竹林公園在相關單位協助之下，從日本各地收集許多竹類，甚至也從臺灣引進綠竹，栽植在「生態園」、以及將貴重的竹類資料在「竹類資料館」展示，對竹的優點、精美特殊處及竹的不可思議等，讓大家再加以認識。

「竹類資料館」為日式建築設計，館內擺飾京銘竹、愛迪生電燈泡，以及18片竹的生理生態特性之說明看板，並在室內展示各種竹桿及京都的傳統竹製品等。外圍之「生態園」則以迴遊式日式庭園設計，沿著步道邊散步、可順道觀察竹(

大型竹)及笹(小型竹)的生態。

「生態園」面積僅約5分地，但其為日式和風庭園設計，鯉魚池、岩石層疊而成、並搭配小瀑布、園內有網狀之迴遊式步道，可享受竹林浴。生態園所收集約110種竹類中，京都特產之龜甲竹沿邊坡而生，另外還有黃金色鮮明之天然紀念物(金明孟宗竹)，黑竹、今明竹、布袋竹、四方竹等。園區內坡面栽植阿龜笹、姬篠、稚兒笹、熊笹、禿笹等為地被，各種型色之矮性竹(笹)所構成之景觀，為其他地方所無。另外，此生態園的特點之一，不僅栽植竹類及營造竹笹景觀而已，亦可供類的生理生態特性研究使用。尤其，竹類非草非木，其開花生理與一般林木大不相同，亦即竹類繁殖常藉無性生殖繁衍後代，母竹完成有性生殖後常會枯死，且竹笹的開花週期通常很長久，一般人很難追蹤紀錄。諸如，1969年開花的種子所培育之孟宗竹，以及1965年代全日本廣泛開花枯死之日本剛竹，亦有植栽開花結實種子竹苗，並以石柱記載開花時間，可永久性紀錄，為竹類開花週期研究教育上極為珍貴的資料。

京都市洛西竹林公園不僅是日本國內最早建立，目前在國際也為知名的竹林公園，將生態園、標本園及資料館相結合，除為教育研究及學習的場所外，也為遊憩優良場所，尤其廣闊的周遭，經過整理之竹林景觀，令人心曠神怡，其以公園式景觀考量之營造方式頗為值得觀摩學習。

## 肆、結論與建議

- 一、為振興林業，提高縣產材生產量，德島縣廳農林單位自2004年起即以具體、踏實的策略，有步驟地開始執行「林業再生計畫」，執行成果建立了高性能機械間伐技術升級系統，提升縣產材生產量，增加了年輕技術人才，增加了林業就業機會。且自2014年起更進一步推動另一個十年期的「新次元林業計畫」，積極擴大林業經營規模，結合產官學民間資源，建立從生產至行銷的產銷鏈系統，計畫於2024年增加縣產材60萬 $m^3$ 之目標，且要擴大出口至海外市場。此種以明確政策，具體行動方案，落實企圖心，達到目標的作法，在在值得森林地型相似的臺灣林業細心、用心地借鏡學習，逐步推動，以早日振興臺灣林業，提高國產材自給率。此次參訪得以如此具體深入瞭解到德島縣振興林業的具體作法與成功經驗，且可藉此提供國內林業主管相關機關在未來擬訂政策時參考，乃是最大的收穫。
- 二、從參訪德島縣林業振興計畫中可瞭解該縣在擬訂林業振興政策，除了擬訂技術升級與務實計畫目標外，也重視召訓年輕人才培訓教育系統之建置，此點是參訪團認為最值得國內林業主管機關格外加以注意與借鏡學習，概因若只

引進高性能機械與技術，若無操作純熟技術人員配合運作，其投資與效能均將徒勞無功，尤其是使用高性能機械之架線集材技術。針對此林業機械相關技術人才培訓系統，本參訪團與德島縣將進行後續進一步的交流合作，尤其希望能將該訓練體系以合作方式，由我方爭取國內相關預算，除購買日方高性能機械外，並請日方派員來臺協助建置林業技術訓練中心，除培訓技術人員外，也同時培訓種子教師，以讓國內林業界在現場實務作業方面，有年輕林業技術人員的投入，政策落實方可持續持久。

三、參訪京都市洛西竹林公園，瞭解其園區規劃設計，非僅以提供支援竹學術研究之植物園功能外，也考量讓社會大眾樂於入園參訪，因此，園區內竹種分布位置，均融入公園美學概念進行規劃，尤其在遊園步道部分，可以讓入園訪客在享受園內美景之際，也同時獲得認識竹材生長特性之機會。此種以吸引社會大眾入園參觀為首要考量之設計概念，值得國內日後在規劃設計類似竹植物園時參考。

四、此次訪日行程得以有豐碩收穫，全幸賴日本東京大學森林系酒井秀夫教授與其團隊熱心協助安排相關行程，酒井教授曾多次來臺指導，對我國推動有關高性能林業機械、作業道開設及規劃、林分經營技術等策略及知識之提升，相當有所助益。酒井教授目前亦為國際林業研究機構(IUFRO)第三組「森林作業工程和經營」代表之一，而其團隊成員非僅學術界人士，尚有多位具豐富實務經驗之民間業者與該國林業界官員，可提供許多日本林業振興歷程的技術與資料支援。因此，國內林業界應持續借重酒井教授及其團隊在日本學術及業界之地位，擴大與日方交流合作，以提升我國有關森林管理技術及森林作業之知識及技術，落實木竹產業及森林環境之永續經營及振興發展。

## 附件、參訪照片



照片 1：德島縣副縣長(副知事)雄古幸三(中座者)於縣廳接待室接待參訪團。



照片 2：參訪團於德島縣廳內參觀以該縣柳杉所研製提供公共空間用長椅。





照片 5：參訪德島縣內大型製材廠內場區各項設施。



照片 6：製材廠內原木分級與規格堆置。



照片 7：參訪德島縣以柳杉原木建造具代表性木屋「板倉之家」，木屋主人親自款待，介紹居住木屋的優點。右圖為該木屋內所使用可以木塊與木質顆粒為原料之雙用室內暖爐設備。



照片 8：德島縣政府農林單位重視黃所長率參訪團的到訪，以日式正式晚宴款待，並期待延續雙方未來的合作交流。





照片 9：高性能造材處理機可打枝、量測材積、造材鋸切、夾取原木整理、整地等多項功能。



照片 10：集材現場裝妥原木之運材車。



照片 11：參訪集運現場所使用架線集材為泰勒循環式架線，透過集材機操控鋼索，搬器可在主索上搬運原木。



照片 12：集材現場採用之油壓高效率三胴集材機，該機體積小，易於搬動移位。



照片 13：參訪當地原木集散土場，原木經系統化分級分類，有利原木買賣行銷。



照片 14：參訪當地苗圃，瞭解當地配合造林所需柳杉苗培育之栽培管理概況。



照片 15：參訪京都洛西竹林公園，該公園設計結合竹類研究、竹類知識教育與公園遊憩功能。



照片 16：洛西竹林公園内龜甲竹標本區，生長健康，桿形深具美感。



照片 17：洛西竹林公園內園區規劃結合小橋、流水與山丘之日式庭園風格，令訪客賞心悅目，心曠神怡。



照片 18：洛西竹林公園內日式庭院美景一隅。



照片 19：洛西竹林公園內亦設計有竹林小徑，漫步其間陶醉於竹林的雅緻風情。



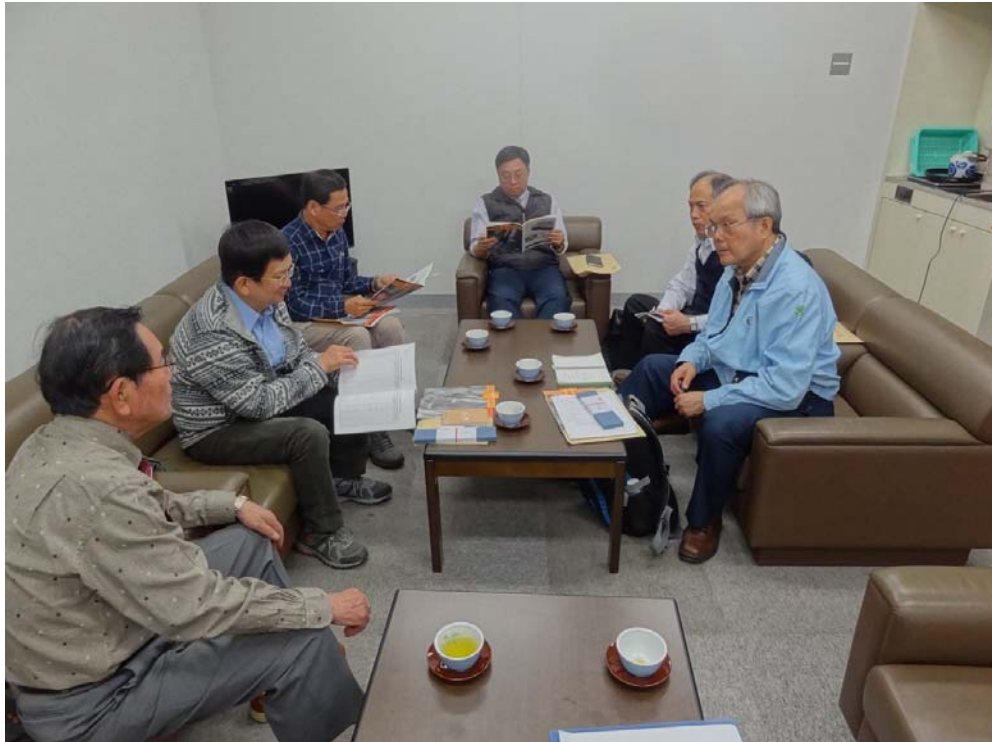
照片 20：洛西竹林公園同時提供學術界研究竹子功能，園區內可見記錄重要竹種開花年份之石碑，此種設施可避免資料流失，同時提供社會大眾瞭解竹子開花不定期的特質。



照片 21：渡邊政俊博士帶領參訪團於園區內參觀一周，並熱心為團員詳細解說園區規劃設計時的理念與園區內發展過程所經歷的故事。



照片 22：洛西竹林公園展館內亦有擺設大型竹子標本與竹子利用工藝之解說牌，讓訪客獲得更多的竹子相關知識。



照片 23：參訪團參訪日本竹文化振興協會，渡邊博士是該協會前會長，目前為協會顧問，向參訪團報告目前協會會務。



照片 24：參訪團拜會京都大學森林學科研究院柴田昌三教授，會談討論日本目前竹纖維產業發展概況。