

出國報告(出國類別：考察)

參訪日本島根、鹿兒島縣林木採運機械、作業道開設技術及森林經營

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：邱志明 研究員兼組長

林振榮 副研究員兼組長

許原瑞 研究員兼主任

陳財輝 研究員

湯適謙 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：104 年 10 月 26 日至 10 月 31 日

報告日期：105 年 01 月 19 日

目 次

	頁次
摘要	2
壹、目的	3
貳、行程	5
參、工作記要	6
一、伸和產業株式會社架線集材	6
二、島根縣益田市匹見上文化館	9
三、石央森林組合	9
四、浦田木材株式會社	12
五、鹿兒島縣廳環境林務部木材振興課	13
六、三好產業木質能源廠	18
七、國有林間伐作業	19
八、鹿兒島原木市場	23
九、三好產業寺床隆志先生演講作業道開設及森林作業	24
肆、心得及建議事項	29
附件、參訪照片	32

摘要

本所於 104 年度獲科技部科學技術發展基金管理會補助，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，擬藉由參訪日本林木採運機械之作業，以供我國提高作業效率之參據，及了解作業道開設之原則，以期能輔助森林作業之施行及林分經營管理所需。本次參訪係東京大學森林系酒井秀夫教授及林業木材產業經營資深顧問井上尚則先生之熱心安排而順利成行。行程中參訪鹿兒島縣之林業主管機關、島根縣與鹿兒島縣之森林組合，株式會社等民營單位及採運作業現場。透過此次參訪之現地考察與會談方式，包括各式林業機械及其應用、作業道開設、疏伐策略、友善環境之作業道開設、採運原則、勞工安全衛生及其他相關事項。另日方採行若干策略而促使柳杉原木輸出(含臺灣)在近年快速成長。由於國內目前熟悉森林收穫技術之人才逐漸有斷層之現象，且需透過引用高效能之林業機械以因應人力短缺之情形。日本對於促進其國內木材自給率之相關做法亦值得我國參考借鏡。期能透過整合政府行政、研究部門及民間業者之資源，強化人工林之經營、活絡木竹產業，重振山村及區域經濟。另日本其森林作業之條件、環境與我國相當類似，且在林業之發展過程亦有相似之處，因此建議我國應持續與日本林業部門及學術單位進行交流與合作，以促進我國林業發展及人才技術之培育。

壹、目的

由於森林可提供多功能(multi-functionality)之服務，如水源涵養、生態旅遊、木質材料及能源等，且林木又是一可再生之資源，因此森林在綠色經濟(green economy)及低碳(low-carbon)產業中，扮演相當重要的角色。根據學者研究指出，臺灣近年來之林產品平均使用量約為600~800萬 m^3 ，但是國內木材自給率卻不到1%。由於過去之時空背景，國內之人工林及竹林大都因缺乏經營管理，而林地漸形老化、劣化，喪失國土保育功能，且林齡分布增大亦不利促進碳吸存功能。加以森林作業技術人員老化，有斷層之趨勢，使得後續林業工作將人才荒之窘境，因此如何在發展降低環境衝擊之森林作業系統以提高木材自給率及發展綠色經濟產業，為國內須面對之課題。

鄰國日本自 1980 年代木材價格達最高峰後持續下滑，造成伐採利不及費，使木材利用長期停滯。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，其中規劃每年實施55 萬公頃之間伐作業。由於日本從事林業生產的主體，有七成以上是小規模私有林，面積達1,453.5 萬公頃，佔日本森林總面積58%；蓄積量高達286,351 萬 m^3 ，佔日本人工林總蓄積之73%。因此，主要林產伐採亦來自私有林地。由於小規模林主數量極多，不具經濟規模，加上林業工作辛勞卻所得不高等因素，近年來，日本林業就業者的減少和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。日本林業部門針對小規模且地域分散之私有林生產層面，鼓勵與流域內國有林經營計畫整併，提出團地化的森林經營計畫書，藉以擴大規模、降低生產成本，穩定國產材之供應量。另因應氣候變遷下之林木經營策略與提高國內木材自給率政策目標，日本林業政策著手大幅鼓勵已達中高齡級之林分，實施必要的林內作業路網維護，同時藉著引進高性能林業機械，使原木生產更有效率。

林產工業中之原木生產作業系統是林業經營的重要手段(技術)，由人(作業法)、林業機械與森林路網所構成。作業法、機械與路網需配合施業地的自然條件，規劃具備有效率、安全、低成本且低環境負荷的作業系統，達成順利將原木搬出的目的。為因應提高國產材自給率之趨勢，改善國內漸失競爭力之舊式採運系

統，促進國內林業再生，借重日本原木生產作業系統經驗，制定我國原木生產作業相關政策與配套措施有其必要性。因此，臺灣亟待加強與日本在森林經營與林木機械採運技術經驗與知識交流，學習其環境友善之森林經營管理模式與採運技術，改進國內目前漸趨式微之森林經營與成本居高之採運作業，以提升國內收穫作業效益與林木品質，增加市場競爭力。本次參訪目的擬與日本行政部門、林業研究機構及民間營林單位進行環境友善之木材採運及作業道開設技術交流，評估引進或國內自製林業機械之可行性，作業道路網規劃，提升木竹材收穫作業效率，期解決林業勞力不足與環境衝擊議題。透過雙方國際交流，合作推動提昇原木生產作業技術訓練，擬訂森林永續經營、促進木材利用及活化林業與山村地域之經濟。

貳、行程

此次參訪行程以在日本九州地區島根縣與鹿兒島縣為主，其行程內容簡列於表1所示：

表1 參訪行程安排與內容

日期	地點	活動與行程
104 年 10 月 26 日 (一)	台北松山 →日本島根縣益田市	於松山機場搭機前往日本東京轉機益田市
10 月 27 日 (二)	濱田市	伸和產業集材架線現場考察、石央森林組合林業機械作業考察、浦田木材株式會社原木市場考察
10 月 28 日 (三)	濱田市 →鹿兒島	鹿兒島縣縣廳環境林務部會談及交流
10 月 29 日 (四)	鹿兒島	三好產業木質能源廠考察，國有林間伐作業考察，原木市場考察，三好產業聽取寺床氏演講(作業道、伐採作業、勞工安全衛生)
10 月 30 日 (五)	鹿兒島 →東京	行程，於鹿兒島機場搭乘飛機前往東京
10 月 31 日 (六)	東京 →台北松山	於東京羽田機場搭機返回台北松山機場

參、工作記要

一、伸和產業株式會社架線集材

伸和產業株式會社於 1972 年成立，位於島根縣益田市，主要營業項目為原木及木質芯片。

伸和產業之參訪項目主要為架空索集材作業，由於日本於 2011 年 3 月 11 日發生大地震及引發之海嘯而發生福島核電廠事故後，日本政府下令關閉全國 48 個核電廠機組，而使核能發電暫時停滯，轉而尋求其他替代能源，另日本經濟產業省資源能源廳於 2014 年修訂的「能源基本計畫」認為木質生質能源具有相當大之潛力，於森林中有效之利用，可提供穩定、高效能之循環型經濟，可於農村中積極推進，創造地區型之產業價值。因此全日本地區對於木質生物燃料之需求非常旺盛。伸和產業向私有林地主購買伐採權。本次參訪之對象為闊葉樹皆伐集材作業，該作業方式係以三捲胴集材機進行之循環式架線集材，每一組工作人數為 3~4 人，工作效率為 4~5 m³/人/日。皆伐面積已完成 3 ha，預定目標為 8 ha，林分蓄積為 200 m³/ha，生產目的為生質燃料材；為降低生產成本，砍伐後不實施人工造林，以天然更新之方式回復林相狀態。



圖 1 作業員進行集材機操作



圖 2 集材架線作業



圖 3 各式滑車之使用情形



圖 4 三捲筒式集材機



圖 5 闊葉林皆伐作業



圖 6 粒片材之生產

二、島根縣益田市匹見上文化館

於旅程途中，日方安排前往島根縣益田市匹見上文化館參觀，該館展出之內容，除了當地的考古，木製品文物外，另有展示過去伐木時期相關之索道模型，該索道模型為多段式集材。



圖 7 益田市匹見上文化館索道模型

三、石央森林組合

石央森林組合位於島根縣濱田市，成立於 1995 年，該公司為一綜合性之林業經營公司，從育苗、肥料、土壤改良、生質能源(木片)至整合森林管理等，且希望能透過機械化作業降低經營成本。目前該公司且與工程機械公司及大學等單位進行合作。

本次主要參訪現場為天然更新之 40 年生二葉松伐採集運作業，以疏伐作業方式進行，疏伐帶寬度為 40m。集材方式以塔式集材機(tower yarder)進行集材作業，輔以人力方式進行造材作業，再以履帶式抓夾機進行圓木之堆放。

比較令人注意的特色是在集材過程中，塔式集材機內無人操控而仍可運作，原來該集材機是搭配一個由無線遙控之搬器運作，操作人員藉由隨身攜帶之遙控器即可操控搬器之運行(如圖 9 所示)。



圖 8 塔式集材機



圖 9 自走式遙控搬器(背後為原木抓取機)及遙控器

傳統之集材作業須由 1 人駕駛集材機，並藉由通訊裝置與作業地之人員聯絡以控制搬器之運行；本次參訪之搬器由於可無線遙控，因此可減少集材機駕駛之人力，且作業區人員藉由遙控器可更正確及快速地將搬器運行至所需位置，為頗具生產效率之林業機械。圓木堆放後，再由運材吊材機(Forwarder)(如圖 10 所示)運出林地。



圖 10 運材吊材機

將林木集材至林道邊後，就由自動造材機(Processor)接手，進行造材作業，造材後之圓木由抓夾機協助堆放，並做殘材整理，所以這 2 種林業機械為協同作業。



圖 11 自動造材機(後)及圓木抓夾機(前)

四、浦田木材株式会社

浦田木業有限公司位於島根縣濱田市黒川町。主要生產木屑及木材為主軸，從木屑運輸到建材木製品，木器等材料生產，該公司致力於環境保護活動的努力，透過企業活動，以減少對環境的負荷，從而協調與地方發展和自然環境。

(一)主要業務內容

- 1.木片生產：木片用途主要在紙及生物質燃料使用。
- 2.原木：柳杉及日本扁柏木材。
- 3.各式尺寸建材用材料：客製化木材的長度和寬度及處理。

(二)製造工藝技術

1.用電鋸砍伐森林中的樹木

2.集運木材的架空索作業

把所有的原木集材，在森林中的工廠鋸切，用於木材、膠合板、造紙等用途，最後其他材料作為生物質燃料。

3.原木鋸切製材品

使用帶鋸鋸製加工成住宅建築和土木工程用料，透過乾燥等過程，送到當地的建設使用地。

4.膠合集成材

透過設計將木材膠合成集成材，由小尺寸材運送到膠合板公司製作膠合集成材。

5.製漿造紙

原木剝皮機去皮取單板後，由芯材以切割削片機，然後運到造紙廠，作為製漿造紙用。

6.生物質能源用材

以芯片通過破碎機，木材破碎削片做為生質能原料，提供生物質發電公司使用。

該公司原木生產，針對針葉樹區分為 A 及 B 等級材，闊葉樹是 A 材，以提供製材使用(A 材)，木材市場使用(A 材)，合板工廠使用(B 材)，而針葉樹 C 等級材或闊葉樹則作為製漿工廠及火力發電場使用。

公司的政策是考慮對於環境和安全作為基本原則，目標是建立一個精心循環型社會的本質。經營管理某地區山林的木材，穩定供應為目標，以環保意識的木材生產，努力製造產品，及不使用非法採伐之林木。

(三)建立循環型林業

擁有山林，使用和種植樹木，種植推廣樹木，以達到“循環型林業”的策略，山林經過植林及育林過程，具有碳儲存的功能，經過伐採獲得的木質資源，經由加工流通，提供住宅及木製品使用的消費行為，木材加以利用，獲得經濟的利潤、商品循環，最後，再一次的植林及育林過程及使用，強化環境保全功能，形成循環型林業。

(四)木材使用的流量

日本的森林面積，佔約 70%的土地面積。然而，由於木材的進口增加，林業從業人員老化和人才斷層、木材價格下降，管理和維護這些森林資源變得困難。同時，浦田木業有限公司於伐採樹木時仍努力促進森林保護和管理。

(五)間伐材的利用

木材是友善環境的物質，這是該公司的宗旨。樹木成長的過程中，吸收固定了大量的 CO₂，當樹木或作為建築材料使用時，也是儲存碳的場所，因此間伐材的利用，對環境是正面有效的方式，不僅沒有必要全面砍伐樹木，也有助於減少二氧化碳的排放。



圖 12 浦田木材株式會社依市場需求，將圓木進行木材加工

五、鹿兒島縣廳環境林務部木材振興課

鹿兒島縣廳位於鹿兒島市，是一棟集合辦公大樓。本次行程為拜訪環境林務部木材振興課，聽取其業務內容簡報並進行意見交流。依照該課所提供的內容

顯示，鹿兒島縣森林面積約為 58.5 萬 ha，森林覆蓋率為全縣土地面積之 64%，其中人工林佔 50%，天然林及其他亦佔 50%，鹿兒島縣之森林面積為全日本第 13 位，九州地區第 2 位，人工林面積為全日本第 9 位，九州地區亦居第 2 位；在 2013 年該縣原木生產量為 70 萬 m³，居日本各縣第 8 位(第 1 位為北海道 335 萬 m³)。

(一)鹿兒島縣林業及木材供需概況

由於日本之森林以民有林為主，民有林之森林蓄積量在 2013 年達約 1 億 m³，其中柳杉之蓄積量即達 5 仟 8 佰萬 m³。在林分組成方面，可列入間伐對象(16~45 年生)之柳杉，日本扁柏人工林面積達到 6 成(如圖 13 所示)。民有林與國有林合計之林木年生長量約為 250 萬 m³，為原木生產量 70 萬 m³ 之 3.6 倍。

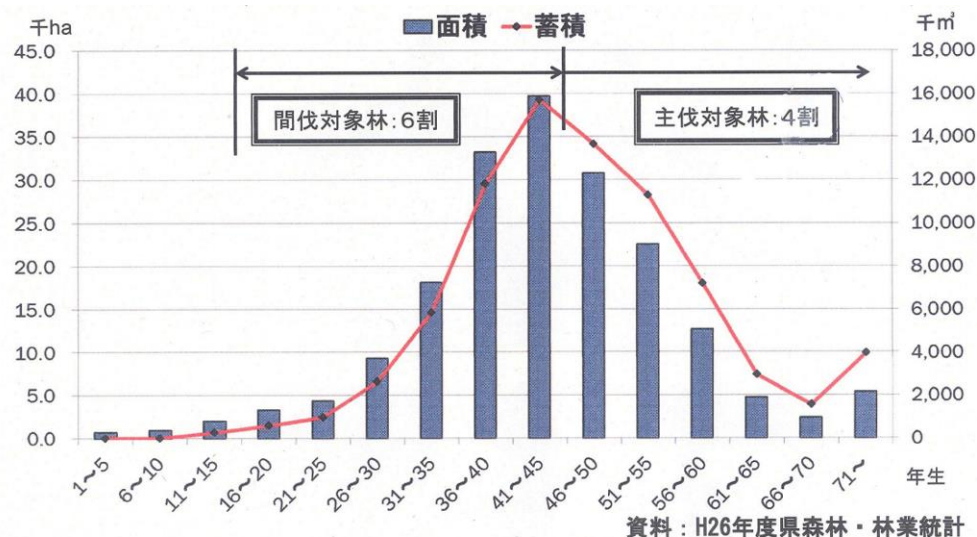


圖 13 鹿兒島縣民有林柳杉及日本扁柏人工林齡級別面積(資料來源：日本鹿兒島縣縣廳)

鹿兒島縣之木材需求量在 1975 年達 2,165 千 m³，隨後呈現逐漸降低的趨勢，在 2008、2009 年因受金融海嘯之影響，達於最低點，2008 年木材需求為 1,448 千 m³，2009 年為 1,407 千 m³，隨後即逐年增加，至 2013 年為 1,717 千 m³。在木材之供給來源方面，縣產材於 1989 年以前所佔比例仍有 50% 以上，隨後亦逐年降低，至 2003 年達於最低點為 388 千 m³(26%)，但隨後進口材逐漸減少，縣產材所佔比例逐漸回增，至 2013 年達 700 千 m³(41%)。鹿兒島縣之木材需求及供應來源如圖 14 所示。

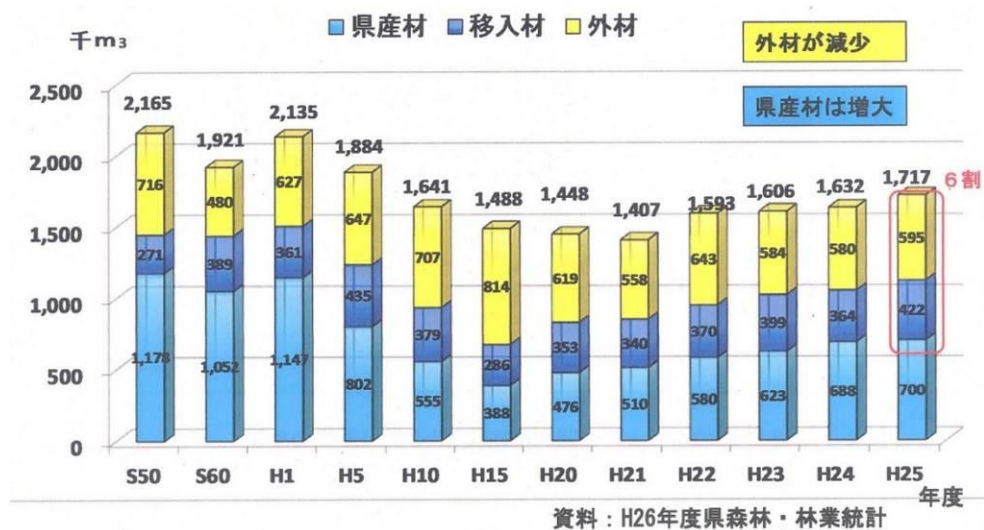


圖 14 鹿兒島縣之木材需求及供應來源(資料來源：日本鹿兒島縣縣廳)

(二)鹿兒島縣擴大縣產材木材利用之措施

鹿兒島縣擴大縣產材木材利用之措施主要透過下列四個策略來達成：

1.縣民理解之釀成

包括靈活運用活動使縣產材普及，舉辦縣產材之產品競賽及製做木作手冊。

2.縣內木材利用之促進

透過縣內綠建築公司進行支援、銷售及推廣，相關木材公司予以利息優惠措施，木造公共設施之整備及活用疏伐材進行木造設施之整備。

3.縣外銷售渠道之拓展

支援縣外具有產值之住宅建設促進活動，使用縣產材開發辦公室家具及向海外輸出縣產材等

4.木質資源的有效運用

支援熱利用設施之整備維護及木質生質源加工設施之整備。

(三)鹿兒島縣產材外銷概況

日本之圓木外銷在 2009 年為 37,745 m³，至 2014 年成長 14 倍，達 521,222 m³；其中銷往臺灣之數量在 2009 年為 6,147 m³，於 2014 成長 17 倍，達 107,144 m³，佔全部外銷量之 20.6%，其各年度詳細資料如表 2 所示。

表 2 日本 2009~2014 年圓木外銷及輸出至臺灣之數量變化(資料來源：日本鹿兒島縣縣廳)

(單位：m ³)							
輸出港	H 2 1 年	H 2 2 年	H 2 3 年	H 2 4 年	H 2 5 年	H 2 6 年	H 2 7 年 (1~6月)
全 国 (A)	37,745	65,482	100,596	113,715	264,715	521,222	323,850
うち台湾 向け(B) (B/A)	6,147 (16.3%)	41,286 (63.0%)	61,816 (61.4%)	67,968 (59.8%)	81,782 (30.9%)	107,144 (20.6%)	44,562 (13.8%)
志布志港 (C) (C/A)	6,551 (17.4%)	21,046 (32.1%)	30,490 (30.3%)	35,221 (31.0%)	104,627 (39.5%)	179,887 (34.5%)	97,429 (30.1%)

※「貿易統計」より

其中在鹿兒島縣產材之部分，2009 年為 2,628 m³，2014 年成長 27 倍達 71,911 m³，其中銷往臺灣之數量在 2009 年為 2,338 m³，至 2014 年成長 4 倍，達 9,568 m³，各年度詳細資料如表 3 所示。

表3 日本鹿兒島縣 2009~2014 年圓木外銷及輸出至臺灣之數量變化(資料來源：日本鹿兒島縣縣廳)

(單位：m3)						
輸出先	H 2 1 年度	H 2 2 年度	H 2 3 年度	H 2 4 年度	H 2 5 年度	H 2 6 年度
韓国	290	0	3,496	3,158	5,561	8,342
中国	0	524	0	4,983	33,921	54,001
台湾	2,338	9,301	7,670	9,366	8,868	9,568 4 倍
計	2,628	9,825	11,166	17,507	48,350	71,911 2.7 倍

※かごしま材振興課把握分

(四)鹿兒島縣縣產材輸出擴大之措施

1.成立縣產材輸出促進協會

組成成員包含縣政府、森林整備公社、森林組合、日本貿易振興機構等 9 個單位，成立之目的為關係者的情報支援及聯合強化。

2.成立木材輸出戰略協議會

組成成員為以志布志港為基地之森林組合，包括鹿兒島縣及宮崎縣之森林組合，以進行聯合輸出。

3.開設原木集合買進中心

其成立之目的為輸出原木之穩定供給。

4.實施縣產材輸出擴大支援事業

其目的為促進對東亞輸出方面有關人員的聯合強化，市場調查及輸出擴大措施之支援。

5.鹿兒島縣縣產材輸出登錄

縣產材輸出登錄的目的為使縣產材海外普及和更進一步輸出擴大，其登錄對象為有持續性進行縣產材出口的企業、團體，登錄要件為是否有積極的輸出計畫及縣產材供應商是否有森林組合等之推薦。

銷往臺灣之原木以加工後製成土木用形框、棧板為主；今後之課題包括(1)供給體制的整備，建立有效率的輸出機制，(2)促進柳杉大徑材之輸出(但需要先確保其新開發之用途)，(3)生質發電用材與製材品用材需加以區分，以促進製材品用材之輸出為最重要之目標。



圖 15 與日本鹿兒島縣縣廳環境林務部木材振興課進行會談及交流

六、三好產業木質能源廠

如前所述，日本目前鼓勵林農生產生質能源，以增加替代能源之來源，三好產業乃自丹麥引進生質能源機將原木打成碎片以供製備成生質燃料。該型機械最大產能為 $100 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，目前每月作業量為 $1,000\sim 2,000 \text{ m}^3$ 。依照日方人員之說明，日本政府對於林業機械有各種不同形式的補助，如上述之生質能源機自國外進口，可獲一半之補助金額，另間伐用林業機械亦可補助。



圖 16 生質能源機(獲補助之林業機械均會於機器上註明補助年度及補助目的)

七、國有林間伐作業

位於鹿兒島縣之薩摩川內市東尾鹿倉國有林之間伐作業，委託前述三好產業辦理，日方亦引領我方人員前往作業地現場參訪。

該間伐作業案之對象是 40 年生之柳杉人工林，作業面積為 90ha，預定疏伐木材積為 2,870 m³；間伐作業方式採取行列疏伐砍 1 行留 3 行之作業方式，疏伐帶不再造林。



圖 17 行列疏伐之疏伐帶與保留帶

由於該區之林道密度相當高，因此採用迴旋式集材機(Swing yarder)進行集材作業，該迴旋式集材機具有 1 捲胴可將林木拖曳至林道旁，再由伐木造材機(Processor)進行造材作業(去枝、除冠、度量長度、截斷等作業)。



圖 18 以迴旋式集材機進行集材作業(該集材機具 1 捲胴)。



圖 19 以伐木造材機進行造材作業

為利於林業機械之作業，該作業地有作業道之開設，需於提出伐木計畫時進行申請。作業道開設之寬度為 3m 以下，以求永久性使用為原則。作業道開設多利用現地之原木構築，且於轉彎處鋪設枝葉，具有保護路面及防滑之效果。



圖 20 作業道利用現地原木構築及鋪設枝葉防滑

間伐後之伐木跡地可見圓木堆疊整齊，且林下闊葉樹亦保存良好，對於人工林之多樣性保持有相當大之助益。



圖 21 間伐後之伐木跡地林相

在作業地入口懸掛有三張告示牌，茲說明如次：

(1)作業地概況說明

如圖 22 所示，其內容包括作業名稱、場地、期程、內容、委辦單位及辦理廠商。

事業名	東尾鹿倉国有林森林整備事業(保育間伐(活用型))		
事業場所	薩摩川内市 東尾鹿倉国有林 66林区小班外		
事業期間	自	27年	4月 23日
	至	28年	2月 19日
事業内容	保育間伐 作業区 1,970㎡ (材 900㎡)		
発注者	北尾森林官理署長 佐賀 賢二		
請負者	住 所	鹿児島市鷹師 2-4-6	
	商号又は名称	三好産業株式会社	
	代表者氏名	代表取締役 有馬 純隆	
	T E L	099-251-5315	
	現場代理人	森園 秀平	
備考			

圖 22 作業内容告示牌

(2) 危険預知活動表

如圖 23 所示，其内容包括作業案名稱、當日作業内容、可能潛在之危險、防止危險之對策、主辦人員、承辦廠商等。

危険予知活動表 平成27年 〇月 〇日	
工事名	東尾鹿倉国有林 森林整備事業 請負
本日の作業内容	伐倒、木寄せ、造材、搬出
どんな危険が潜んでいるか	石や根切り作業員と接触する伐倒木、足元、重機との接触
私達はこうする	上下作業の禁止、歩道作業の禁止、合図の確認
リーダー名	森園 秀平 作業員 () 名
会社名	三好産業株式会社
見逃すな危険の芽、さらに高めよう職場の安全	

圖 23 危険預知活動表

(3) 緊急連絡體制圖

如圖 24 所示，其内容包括警政、消防、勞動基準監督署、醫院、地方行政單位、森林管理單位、承辦廠商之聯絡電話等。



圖 24 緊急連絡體制圖

告示牌的作用可讓民眾了解國有林作業內容，並了解作業地可能發生之危險，且有相關單位之緊急聯絡電話，其作法值得我國林業經營管理機關參考。

為提高行政效率，日本國有林間伐作業案主辦單位對於伐木跡地之檢查是以樣區抽測之方式辦理，且間伐木樹頭不打檢查印，承作廠商較預定收穫量有 20% 調整之空間。

八、鹿兒島原木市場

原木市場為將原木截成所需長度(3 m~4 m，以 4 m 居多)後，按原木之直徑、品等等進行分類之堆放，其特色是原木之分類完全是自動化處理，其程序為在圓木之輸入端有監視器進行掃描、判定尺寸，在圓木於輸送帶運輸過程即可依其品等(如弧度等)加以分類，最後由堆高機分別堆放，其過程如圖 25 所示



圖 25 原木市場木材分等之流程

此圓木自動化分等之機制，對於提高作業效率有相當大之助益。

九、三好產業寺床隆志先生演講作業道開設及森林作業

寺床隆志先生對作業道開設及森林作業有相當豐富之現場施作經驗，因此日方安排寺床先生於三好產業會議室進行相關之演講，其內容摘錄如次：

(一)作業道設置

1.作業道路網及集材場設置

根據使用目的及使用期間開設。依據作業道勘測之圖面資料為基準，並確認是否有土質、地下水、泉水、砂土崩塌及地裂的形況。作業道、集材場的設置需避免砂土流失及崩塌，集材方法及機器需使用影響最低者，在已有砂土崩塌、地裂及傾斜 35 度以上之地區應避開，路面可使用圓木加以支撐，而開設過程存留之植被及人造斜坡應充分處理。

作業道在設置時應儘量避免經過溪流。

2.民房、一般道路設置在溪流邊注意事項

作業道、集材場設置時需特別注意砂土、滾石及伐倒木，周圍應設置原木柵欄作為保護措施，並且避開水源區。於設置前要與電力及電信公司協商後續線路架設及必要的處理。

3.生態系統和景觀維護

設置作業道及集材場前應儘量調查植物群落及野生動物棲地，以維護生物多樣性，除了需要穿越溪流的形況，作業道與溪流應保持一定距離，以維護沿河生態系統。設置前要先確認土質，若有易造成河川汙濁之黏性土、砂土，應特別注意選擇施工方法以避免其流出。

4.挖方、填方與人造斜坡處理

集材場設置時基底改變要儘量減少以保護林地，挖方最高到 3 m 通常控制在 2 m 以內。為掌握挖方、填方的量，路面寬度在工作安全的考量下選取最小限度，儘可能在表土塊裝載施工方法及圓木組合施工方法間活用，促進填土穩定，最後殘土要放置於地盤穩定的地方，不倒於溪流中。

5.設置橫斷溝以進行排水處理。

6.橫斷溪流處理方式

溪流橫斷的地方水流溢出施工不易，應充分進行維護管理。為避免車輛行走使水汙濁，於橫斷處可用石頭或圓木隔開。

(二)砍伐、造材、集材作業

1.砍伐區域

河谷、山脊等易崩塌的危險地，為環境保護之重點區域。應與擁有者溝通是否適合砍伐及後續林份更新問題都須慎重判斷。而砍伐地區需設置保留帶，以保護剩餘樹木及下層植被，若是伐採地區超過 10 ha，應討論分散伐採的可能性，並致力於保留帶的有效配置，以避免同時大量沙土流入溪流。集材之方法與路網密度進行綜合考量。

2.工作時注意事項

臨時使用之作業道及集材場因植被尚未復原，土壤易鬆動，應注意雨後車輛的行走。

作業時所伐倒之樹、圓木、樹枝、殘木及滾石等，應注意是否危害附近一般道路及民房。

為防止事故發生，作業的現場應使用禁止相關人員進入之告示牌。

作業現場若有民房或家畜飼養設施在附近，應避免早晨及傍晚以後工作，以避免噪音干擾。

(三)林分更新及整理

1.協助更新

天然更新要致力於下層植被及重要闊葉樹的保護，人工造林地則要注重清理枝條殘材。

2.樹枝殘材及廢棄物處理

為避免林地崩塌，殘材及廢棄物應分散放置或設置專門放置的地方。若作業地放置殘材不易，應於作業道、集材場開設前先評估產生殘材的量並預先準備場所放置，而有礙景觀之巨大殘材應避免集中放置，最後廢材、廢油等應全數帶回，並適當處理。

3.作業道、集材場整理

臨時使用之作業道、集材場，應適當填土復原以利植被復育；長期使用之作業道、集材場應使用堅固持久之設施，並於用畢後進行適當的保養，如鋪上級配及排水處理等。

4.事後評估

完工後確認是否依照伐採更新計畫完成工作，並作事後檢討以運用於下次之作業。

(四)健全的作業

1.勞工安全衛生

遵守勞工安全衛生相關法規，致力於避免公傷及改善工作環境，並設立相關具體條例及配置有訓練過並取得資格之工地主任。每天進行危險預測之教育，聘雇新進人員及採用新的機器設備都要實施風險評估，以排除危險。

對於中老年勞工需特別給予注意，現場須有完整的緊急聯絡體制定預先配置擔架等急救用品。定期實施健康檢查，以預防因振動導致之疾病，以維持工作人員健康。

2.雇用

須遵守勞動基準法相關法規，並致力於林業作業員地位之提高。

3.工作之承包

如果需讓其他事業單位承包工作，要有明確之契約文件。

4.技術提高

致力於提高工作效率、勞工安全衛生及環境保護生產技術，積極參加進修或教育訓練。

5.業界活動、社會貢獻

積極參與業界活動並為業界發展貢獻，另作為事業體應致力於地方之貢獻。



圖 26 以輸送帶廢材輔助作業道排水



圖 27 寺床隆志先生於三好產業會議室進行演講

寺床先生演講後，日方與我方進行意見交流，其中在作業道開設部分，由於均主要以圓木進行基礎設施，寺床先生表示即使將來圓木分解，因有自然植生之保護及土壤已穩定，故路面仍可保持穩定。在疏伐策略方面，日本目前行列疏伐主要之實施方式為砍 1 行留 3 行及砍 2 行留 3 行等 2 種方式，其中砍 1 行留 3 行不實施造林，只有砍 2 行留 3 行及主伐才實施造林作業；另為降低成本，於作業道密度較高之區域，在作業道旁實施 50 m×50 m 之塊狀間伐方式。另外林木如通過森林認證，亦可提高其價格。在木材供給及需求方面，由於目前日本之生質能源材有補助，且預計在平成 32 年(2020 年)生質能源材需求將達 100 萬 m³，可能將排擠出口木材數量而使出口材價格提高，因此這也是我們需注意因應的。

肆、心得及建議事項

一、根據日本林野廳 2014 年年度報告資料，包括迴旋集材機(Swing yarder)在內的各式高性能林業機械數量從 1988 年之 23 台，於 2013 年成長達 6,228 台(如圖 28 所示)

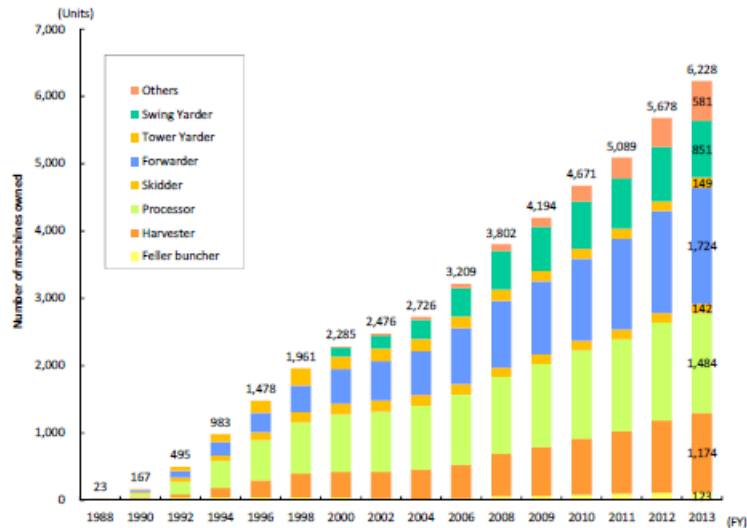


圖 28 日本高性能林業機械歷年數量變化趨勢(資料來源：日本林野廳 2014 年年度報告)

另根據日本林野廳 2009 年林業年度報告，其間伐集材效率從 2000 年約 $2.4\text{m}^3/\text{人}/\text{日}$ 提升至 2008 年約 $3.5\text{m}^3/\text{人}/\text{日}$ ，這可能與日本政府近年來鼓勵提高林業機械化之程度有關。我國目前面臨林業從業人員勞動力不足及老化之問題，亦可考慮引入高性能林業機械，以期提高採運作業效率。

二、在本次參訪行程有看到各式林業機械之操作，其中之塔式集材機(Tower yarder)搭配遙控式搬器對於降低人力需求及準確控制搬器位置以提高作業效率有所助益；由於塔式集材機具有機動移動之特性，節省集材作業架設主柱之時間，相當適合應用於國內之疏伐作業。

三、不同林業機械作業有其適用之條件，根據日本林野廳 2014 年年度報告資料，其車輛系作業系統及架線系作業系統在不同坡度作業條件所需林道密度如表 4 所示。

表 4 不同作業系統於不同作業條件所需林道路網密度(資料來源：日本林野廳 2014 年年度報告)

区分	作業システム	路網密度
緩傾斜地(0° ~15°)	車両系作業システム	100m/ha以上
中傾斜地(15° ~30°)	車両系作業システム	75m/ha以上
	架線系作業システム	25m/ha以上
急傾斜地(30° ~35°)	車両系作業システム	60m/ha以上
	架線系作業システム	15m/ha以上
急峻地(35° ~)	架線系作業システム	5 m/ha以上

資料：「全国森林計画」(平成25(2013)年10月)

由表 4 得知，架線作業系統可應用於較陡峻且林道密度較小之地區，而車輛系統則需較高之林道密度以進行作業，因此於車輛系統作業區域可能須輔以作業道之開設。

四、參觀日本國有林之伐木跡地，可看到圓木堆疊整齊，且天然更新之闊葉樹亦仍生長良好，保持林分之生物多樣性；再由寺床隆志先生之演講得知，日本在作業道、集材場開設及伐木、集運材作業等，對於生態系統景觀之維護，挖方、填方之處理以保護林地、溪流之措施等環境友善相關做法，值得我國學習並納入相關森林工程之作業規範。

五、除了對環境保護外，日本亦相當注重勞工之衛生及安全，如改善工作環境、相關法規制定、工地主任需受訓並取得相關資格及現場的急救配備、完整的緊急聯絡體制等。

六、日本之間伐作業方式於砍 1 行留 3 行時，砍伐帶不再造林，或以小面積塊狀間伐之作業方式，可降低作業成本，亦可於我國辦理疏伐作業之參考。

七、日本國有林於現地作業之告示牌如作業地概況說明，危險預知活動表及緊急聯絡系統等，值得我國林業經營管理單位參考借鏡。

八、由石央森林組合公司之經營及鹿兒島縣縣廳環境林務部簡報可以了解，為加強經營效能及擴大國產材行銷，日本之業界、政府部門及學術單位會進行橫向之合作，透過辦理活動、木造公共設施整備、提供木材公司利息優惠及機械設備補助等措施以達成。

九、此次訪日行程，借助於日本東京大學森林系酒井秀夫教授熱心安排相關行程，酒井教授目前亦為國際林業研究機構(International Union of Forest Research Organization, IUFRO)第三組「森林作業工程和經營」(Division 3- Forest Operations Engineering and Management) 代表之 1，亦曾多次來台指導，對我國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；我國亦可借重其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工程及森林作業之知識及技術，並促進木竹產業及森林環境之永續經營及發展。

附件、參訪照片



照片 1 訪問團參觀伸和產業位於島根縣之伐採集運現場並合影



照片 2 邱組長致贈紀念品予鹿兒島縣環境林務部木材振興課鮫島士郎課長



照片 3 邱組長致贈紀念品予三好產業株式會社有馬純隆社長