

日本地區崩塌地復舊造林及林業技術考察報告

壹、考察動機與目的：

台灣地區自民國八十五年以來歷經賀伯颱風、楊希颱風及八十八年九月二十一日九二一大地震之重大天災等，造成森林覆被破壞、山坡地崩塌及土石流災害，嚴重損害國土及人民生命財產，政府有鑑災後復舊重建之迫切，投入龐大經費與人力，推行全民造林運動及災後復建工作，希望儘速穩固崩壞之林地恢復林相並加強山坡地及野溪、河川整治。

日本地區位處東北亞地區，山區地形與台灣相似，且每年亦多次遭受颱風侵襲，前又有阪神大地震及雲仙普賢岳火山爆發火碎流、土石流等災害，因此對於災後之復舊重建及加強整治等措施亦累積豐富之經驗及良好成效。此次台灣九二一震災後之重建及崩塌地復舊造林工作，亦由林務局聘請日方專家前來指導，並提供有關崩塌地穩固及空中飛播造林之技術與建議。

本處轄區內近年來連續遭受道格颱風致地層活動，賀伯颱風引起山坡崩塌、土石流及九二一大地震造成大面積林地崩落林相破壞等嚴重災害，近雖配合全民造林運動及災後重建工作，致力造林及治山防洪工程，但為求更有效率及成果，擬考察日本地區山坡地災後復舊及野溪河川整理之成效及現況，以作為本處崩塌地之復建工作，在有效之基礎護坡工程後再配合施行植生綠化，以加速災害重建，迅速恢復森林覆蓋。

另有關造林技術、森林遊樂及其他林業相關領域之內容，亦可利用此次觀摩考察機會多方面了解，俾益森林經營管理之需求與應用。

貳、行程與參訪內容：

(一) 行程：

日期	行程起訖地點	參訪機構與單位	拜會與接待人員	參訪項目
4月16日	台北 - 東京		加藤秀麗	行程
4月17日	東京	日本林業技術協會 (以下簡稱日林協)	理事長 弘中義夫 專務理事 根橋達三 理事 安養寺紀幸 整備部長 正木郁夫 顧問 三澤毅	* 拜訪日林協 * 治山防洪及崩場地植生工事課程
4月18日	東京 - 旭川(北海道) - 富良野(北海道)	北海道森林局旭川分局	分局長 川喜多進 計劃課長 武藤卓史	* 拜訪旭川分局 * 參觀外來樹種標本林 * 參觀十勝岳風景區及治山防洪設施
4月19日	富良野 - 札幌	東京大學北海道演習林	林長 大橋邦夫 助手 宮本義憲	* 參觀北海道演習林及麓鄉森林資料館
4月20日	札幌 - 東京	北海道森林管理局 日林協北海道事務所	局長 小川康夫 治山課長 田之? 忠年 企劃課長 ? 岡哲也 計劃部長 三村龍園 整備部長 片岡長幸 調整部長 村上剛平 所長 中易紘一 主任 三上貴司	* 拜訪日林協北海道事務所 * 拜訪北海道森林管理局 * 參觀札幌近郊無意根大橋治山工程
4月21日	東京	自行活動	日本大學小山鐵夫教授及夫人	* 參觀明治神宮及淺草雷門
4月22日	東京 - 王? (長野縣)			行程
4月23日	王? - 上松町(長野縣)	木曾森林管理署王?事務所 木曾森林管理署	所長 齊藤万左夫 署長 宮下寛彦	* 拜訪王?事務所 * 參觀濁川治山防洪 * 拜訪木曾森林管理署 * 參觀赤?自然休養林

日期	行程起訖地點	參訪機構與單位	拜會與接待人員	參訪項目
4月24日	上松町 - 南木曾(長野縣) - 名古屋	木曾森林管理署 上松町木材販? 所 池田木材株式會社 木曾森林管理署南木曾支署 木地師? 里他木藝所	署長 宮下寬彥 所長 山部哲? 所長補佐 木村敏宏 業務部取締役 征矢一正 專務取締役 池田?? 支署長 三尾秀一 業務課長 花川浩 代表取締役 小椋一一	* 參觀上松町木材販? 所及池田木材株式會社 * 拜訪木曾森林管理署南木曾支署 * 參觀木曾檜複層林建造 * 參觀木工藝加工
4月25日	名古屋 - 熊本	九州森林管理局	局長? 健治 研修所長 永井巧 治山課長 本田安幸 設計指導官 市原一	* 拜訪九州森林管理局
4月26日	熊本 - 島原(長崎縣)	九州森林管理局 長崎森林管理署 眉山治山事務所 中尾川治山工事事務所	治山課長 本田安幸 設計指導官 市原一 治山課長 山內正 主任 高森好文 係長 岡本季久	* 參觀普賢岳中尾川治山防洪工程
4月27日	島原 - 長崎	九州森林管理局 長崎森林管理署 眉山治山事務所	治山課長 本田安幸 設計指導官 市原一 治山課長 山內正 主任 高森好文	* 參觀普賢岳飛播綠化植生成效及眉山地域治山防洪工程
4月28日	長崎 - 東京	自由行動		長崎市區觀光及行程
4月29日	東京 - 台北			返程

- 備註：1、4月18日 - 4月20日 由日林協專務理事根橋達三及加藤秀麗小姐二人陪同
2、4月22日 - 4月24日 由日林協部長小原忠夫及加藤秀麗小姐二人陪同
3、4月25日 - 4月27日 由日林協理事安養寺紀幸及加藤秀麗小姐二人陪同
4、本次日本考察訪問全程由日林協加藤秀麗小姐(台裔)擔任翻譯工作

(二) 參訪過程：

四月十六日：

由台北桃園中正機場搭乘華航 17 時 45 分 (CI 106) 班機飛往日本東京羽田機場，晚上 21 時 30 分抵達 (日本時差 1 小時)，由日本林業技術協會 (以下簡稱日林協) 加藤秀麗小姐接機。隨後搭乘計程車往新宿，夜宿新宿 Vantage Hotel。

四月十七日：

上午拜訪日林協，由理事長弘中義夫、專務理事根橋達三、理事安養寺紀幸及加藤秀麗小姐接待，並簡介日林協組織、業務及本次考察訪問行程安排內容日林協業務包括技術諮詢、資源調查、開發規劃與評估及國際合作研修等，並每月出刊「林業技術」期刊。下午由森林整備部長正木郁夫講授治山防洪及崩壞地植生工事課程。崩壞地之整治工程包括有崩壞地基礎工程，邊坡綠化工程及落石防止工程，其施工首重崩壞坡面切面處理及排水 (水路) 處理。夜宿新宿區 Vantage Hotel。

四月十八日：

上午 9 時 30 分搭乘全日空 (ANA, NH867) 班機飛往北海道旭川機場，11 時 5 分到達，隨即搭乘巴士前北海道森林管理局旭川分局，由分局長川喜多進接待，並作業務簡介。該分局轄區面積 874,000 公頃，其中包括有 359,000 公頃保安林及 165,000 公頃遊樂休養林，且大多數為針、闊葉混淆天然林，樹種包括 *Abies sachalinensis*、*Picea jezoensis*、*Picea glehnii* 等針葉樹類及 *Quercus crispula*、*Tilia japonica*、*Betula spp.* 等闊葉樹類。下午由指導計劃課長武藤卓史引導參觀外來樹種標本林，該標本林包括外國樹種 23 種及本國樹種 9 種，其中最早栽植樹種 (明治 31 年種植，1898) 已達百年以上。隨後即前往望岳台，參觀十勝岳及治山防洪 (火碎

流、土石流) 工程設施。十勝岳自 1857 年以來，每隔約 30 年左右即有火山爆發發生，分別發生於 1857、1888、1926、1962 及 1988 年，目前火山口尚有冒煙現象，不知那一年會再度爆發，現該區域已作有周詳之防護工程措施及監視、逃生系統。前往夜宿旅館途中順便參觀富良野滑雪場。夜宿 Orika Hotel。

四月十九日：

上午由東京大學北海道演習林林長大橋邦夫引導參觀演習林場及觀摩麓鄉森林資料館。北海道演習林係東大於日本北方地區之林學研究教育林，於明治 32 年 (1899) 年設置，位於富良野市，是北海道重要河川石狩川支流 - 空知川之上游區域，目前面積為 22,824 公頃。其中天然林保存林 1,500 公頃，供森林生態系之研究；另設置有 11,000 公頃之鳥獸保護區。麓鄉森林資料館於 1999 年，利用舊有事務所整建而成，展示各種重要樹種之木材鑑別標本及動植物、昆蟲、礦石標本等，另亦有重要森林施業試驗研究報告展示說明。午後拜訪位於富良野市山部町之東大北海道演習林事務所，下午專車接送至?? 車站，乘 15 時 37 分火車往札幌市，16 時 59 分到達。參觀札幌市區之時計台及市政廳後，夜宿札幌東急?? Hotel。

四月二十日：

上午拜訪北海道森林管理局，由小川康夫局長簡報介紹後即由治山課課長田之? 忠年、企劃課長? 岡哲也及日林協北海道事務所所長中易紘一等人陪同參觀札幌近郊治山現場，此工程是為防止札幌市 - 中山? 間交通要道 (一般國道 230 號) 無意根高架橋樑遭上方土石崩塌而造成嚴重災害，故僅於很短之時間內即完成調查、設計、發包施工，且於冬季雪季亦積極施工，投入之金額亦甚可觀。其施工處理以崩壞坡面穩定、橋墩加強鞏固、河川護岸強固，並施設集水井排水

系統工程及警報系統。下午由日林協北海道事務所中易紘一所長專車接送到千歲機場，搭全日空 16 時 30 分 (NH64) 班機返東京羽田機場，18 時正抵達。夜宿新宿 Vantage Hotel。

(四月十八日至四月二十日由日林協專務理事根橋達三及加藤秀麗小姐二人陪同)

四月二十一日：

本日無安排參訪行程而自行活動，參觀明治神宮及淺草地區風景名勝。晚上由日本大學小山鐵夫教授夫婦招待 (小山夫人係本校農學院前秘書吳小姐) 並獲小山教授贈予其著作「植物園？話」等資料。夜宿新宿 Vantage Hotel。

四月二十二日：

中午由日林協小原忠夫部長及加藤秀麗小姐陪同，自東京搭 12 時正之 JR 火車至？尻，下午 14 時 35 分到達，隨即轉電車至木曾福島町，再轉搭巴士至王？村，夜宿王？村日連(？？？湯)溫泉旅館。

四月二十三日：

由旅館專車接送到木曾森林管理署王？事務所拜訪，並由齊藤万左夫所長及治山管理官上原勇引導前往濁川溫泉區流域參觀治山防洪工程，該區域因御嶽山區大量土石崩落後又強度降雨，造成土石流跨越兩條河川氾濫而淹沒一溫泉旅館區及周圍之農田，致 15 人死亡及河床上昇近 30 公尺，該工程流域平緩，以多段式低壩工程設施，且河道左右堆積河床寬廣，以栽植植生作為護岸主要措施，形成一特殊景觀。下午再至上松町木曾森林管理署，由宮下寬彥署長接待，並帶領至所屬之「赤？自然休養林區」參觀，由宮下署長及全副裝備女森林官作詳盡之解說。該修養林之木曾檜乃上等好材，於明治 22 年 (1889) 即設置為帝室林野御料林，日本伊勢神宮所用之「御？代木」皆取自於此，敬慎選取且伐採儀式隆重而神聖。該自然休養林區設置

於昭和 44 年 (1969) , 面積 728 公頃 , 海拔高 1,080-1,558m , 平均樹齡為 300 年 , , 林區設施有森林鐵道 森林資料館 森林鐵道紀念館、林間棧道、兒童遊憩場及溪流廣場 , 並辦理多項夏令體驗營活動等 , 而且也是全世界森林浴之發祥地。參觀結束後夜宿上松町?? ? 溫泉旅館 , 晚餐中與小原忠夫部長討論觀摩心得。

四月二十四日 :

上午由木曾森林管理署宮下署長陪同參觀上松町木材販? 所及民間木材加工廠 , 分別由販? 所所長山部哲? 及池田木材株式會社業務部取締役 (業務部經理) 征矢一正現場解說 , 充分了解日本木材流通及精緻利用之情形。下午訪問木曾森林管理署南木曾支署 , 三尾秀一支署長親自招待簡報 , 並由業務課花川浩課長引導參觀複層林建造經營現場。南木曾支署管理面積 13,100 公頃 , 其中保安林面積 11,300 公頃佔 87 % 。北蘭國有林地試驗區 7.33 公頃 , 木曾檜上木經多次複層伐後藉由天然更新或人工植栽 , 可育成下木闊葉樹及木曾檜之複層林且成效良好。隨後造訪木地師? 里他傳統木工藝所 , 由代表取締役 (董事長) 小椋一一親自招待及講解 , 日本傳統木製工藝品乃一精緻之木製加工品 , 目前材料之取得已成瓶頸 , 所以現由業者之督促要求及政府育林政策配合 , 希望能培育出提供木製工藝之傳統樹種及上好材 , 提高產品價值。午餐後至南木曾車站搭 14 時 36 分火車前往名古屋 , 15 時 37 分到達 , 夜宿名古屋?? ? ? ? Hotel。

(四月二十二日至四月二十四日由日林協部長小原忠夫及加藤秀麗小姐二人陪同)

四月二十五日 :

上午自名古屋機場搭乘全日空 10 時 30 分 (NH331) 班機飛往熊本 , 11 時 50 分到達 , 與日林協理事安養寺紀幸會合 , 搭機場巴士到熊本市區。安置住宿後 , 下午 2 時拜訪九州森林管理局 , 與局長?

健治會面後即至廣報室由研修所長永井巧、治山課課長本田安幸及設計指導官市原一簡報，並放影雲仙普賢岳火山爆發及植生綠化之錄影帶（約 20 分鐘），觀看影帶結束後，說明參觀島原雲仙普賢岳火山爆發災害現場及復舊之行程。返回旅館途中順訪熊本古城。夜宿熊本東急?? Hotel。

四月二十六日：

上午 10 時雇車至熊本渡海碼頭與九州森林管理局治山課課長本田安幸及設計指導官市原一會合，轉乘坐 11 時 10 分渡輪（快艇），至雲仙島原（12 時 10 分抵達）午餐後，由九州森林管理長崎森林管理署治山課課長山內正及眉山治山事務所高森好文主任引導參觀普賢岳火山爆發火碎流及土石流地區之治山現場，並觀看多處大型防岩流壩，觀後驚嘆火山爆發之威力及治山防洪工程之浩大。雲仙普賢岳於平成二年（1990）11 月 17 日火山爆發，大量火碎流及土石流造成重大災害，翌年 6 月 3 日又再度引發大量火碎流造成 44 人死亡及失蹤，建築物摧毀 2,500 棟，及 2,640 公頃之森林面積受害，農、漁、商、工損失總額達 2,300 億日元，因此日本政府迅速成立「雲仙岳、眉山地域治山對策檢討委員會」擬具治山計畫及災害復舊計畫，其中包括導流道、防流壩等基礎工程，另植生綠化工程亦是其中一重要工程，目前自然回復面積已達 1,575 公頃（平成 9 年）。參觀完治山現場後並至中尾川治山工事事務所，由長崎縣島原振興局農林部山地災害復興課山地復興班係長（副參事）岡本季久引導參觀有關之書面資料及圖片檔案。夜宿雲仙高原 Hotel。

四月二十七日：

上午 8 時 55 分至海拔 1,200 公尺瞭望台瞭望雲仙普賢岳火山山景，並由九州森林管理局長崎森林管理署治山課長山內正解說普賢岳火山爆發及災害之情形，並說明飛播綠化作業之方式及成效。目前已綠化成功之面積約達三分之二，其餘因屬陡坡及碎石岩，遇雨即有沖

刷之現象，故尚屬荒廢之地。隨後參觀因普賢岳火山爆發之火碎流、土石流而遭掩埋之民宅社區，該區已設置災害博物館，有專人管理並供人參觀，已成為島原市一重要觀光景點。

11 時參觀眉山地區治山防洪工程，眉山位於島原市西方，地質屬角閃石結構，因火山作用造成深層風化，基岩不規則節理容易崩壞。寬正 4 年（1792）雲仙普賢岳爆發，造成眉山大崩壞，山體的六分之一（約三億四千萬立方公尺）岩屑流流入島原半島有明海；平成二年（1990）普賢岳火山再度爆發，眉山山體各溪流堆積大量火山灰，遇雨則造成土石流之發生，危害下游居民之生命財產。於是於平成三年三月成立「雲仙岳、眉山地域治山對策檢討委員會」，並整治眉山地區之野溪流（0 - 7 號溪），其中 6 號溪建有二座大型攔砂壩（1 號及 2 號，壩長分別為 472 公尺及 580 公尺，乃目前全日本最大之二座攔砂壩）及多座多段式攔砂壩，並設置有多種災害觀測及預警設備，已達到最周全之生命財產保護。總投入金額高達七十三億七百萬日圓。

午後區車前往長崎市，約於 14 時 30 分抵達，投宿於長崎市中華街旁之 JAL ??? Hotel。參觀長崎市街及二次大戰原子彈爆炸中心、原爆博物館等，夜晚欣賞長崎港口夜景。

（四月二十五日至四月二十七日由日林協理事安養寺紀幸及加藤秀麗小姐二人陪同）

四月二十八日：

上午參觀長崎市區觀光景點（眼鏡橋、二十六聖人殉教地等）。下午 14 時搭乘機場巴士前往長崎機場轉搭日亞航（JAL）16 時 20 分班機（CI 0101）飛返東京。抵達東京後，參觀東京鐵塔及夜景，東京鐵塔開放於 1958 年，塔高 333 公尺，可瀏覽東京都全景，是東京重要景點之一，亦具有視訊、廣播、電訊發射站及氣象觀測台等多功能。

四月二十九日：

上午前往淺草地區雷門一帶採購紀念品，下午 14 時搭乘計程車前往羽田機場，轉搭華航下午 17 時 20 分（台北時間下午 16 時 20 分）班機飛返台北，於晚上 19 時 20 分抵達國門，圓滿完成此趟考察參觀之行程。

參、參訪心得：

一、日本的森林：

(一)日本土地概況：

日本國土面積 3,777 萬公頃 (1996 年 4 月)，其中森林面積佔 2,515 萬公頃 (67%)，在森林面積中，國有林面積有 785 萬公頃佔全國面積 20%，公有林面積 273 萬公頃佔 7%，私有林面積 1,457 萬公頃佔 40%。國有林面積中，天然林 1,338.2 萬公頃佔 53%、人工林 1,039.8 萬公頃、其他 136.6 萬公頃佔 5%。國有林依機能類型區分為：(1)水土保全林 390 萬公頃佔 50%，(2)森林與人共生林 200 萬公頃佔 30%，(3)資源循環利用林 160 萬公頃佔 20%。(1)(2)項合計 590 萬公頃佔 80% 統稱為公益林。森林蓄積 3,483 百萬立方公尺，依所有權分：民有林 2,571 百萬立方公尺佔 74%、國有林 912 百萬立方公尺佔 26%；另依樹種別分：闊葉樹 1,173 百萬立方公尺佔 34%、針葉樹 2,311 百萬立方公尺佔 66%。

(二)森林生態保育及自然教育休養遊樂林：

國有林(1)為維持原生森林生態系之自然循環、動植物的保護及遺傳資源的保存，特設立保護林，目前全國有 808 個保護林，面積 50.8 萬公頃 (平成 10 年，1998)。(2)為保全原生天然林目的而設立「森林生態系保護地域」約佔(全國原生天然林面積)三分之二，目前有 26 個森林生態系保護地區，屋久島 95% 區域及白神山地全區域已依世界遺產條約登錄為世界自然遺產，並受嚴正之保護與管理。(3)國有林中有山岳、溪谷、湖泊等特殊景觀及適合野營、滑雪等野外活動及自然教育觀察學習之森林區域，被選定為自然休養林(森林遊樂林，?????? 森)，目前全國有 1,276 個自然體養林，面積 40.8 萬公頃。

(三)經濟生產林：

日本國有林除了為遺傳資源保存，森林的維持、國土保安之加強、水源地域之機能強化及優質之生活環境外，亦有配合國情民俗，永續經營，提供木材生產機能之經濟林。

(四)國有林之管理經營：

國有林大部份歸屬林野廳管理，少部份分屬大學演習林及試驗林，林野廳下屬區分為森林管理局及分局，下再區分森林管理署及支署，再下屬則為森林事務所及治山事業所。目前全國有七個森林管理局及六個分局。

二、北海道地區之森林：

北海道地區土地總面積 785 萬公頃，森林面積有 558.1 萬公頃佔全國森林面積 22%，佔北海道土地面積 72%，其中民有林 238.4 萬公頃佔 43%（包括市町村有林 30.5 萬公頃，其他民有林 147 萬公頃，道有林 60.9 萬公頃）國有林 319.7 萬公頃 57%（包括森林管理局 307.5 萬公頃佔 55%、國立大學演習林 9.8 萬公頃佔 2%、其他國有林 2.4 萬公頃，依林種別分則為天然林 365.5 萬公頃佔 66%、人工林 152.2 萬公頃佔 27%、無立木地 40.4 萬公頃佔 7%。天然林以？？？？？，人工林則以？？？？（52%）及？？？？（30%）為主）

森林的蓄積有 628 百萬立方公尺，佔全國森林蓄積量之 18%。依所有權分：市町村有林 37 百萬立方公尺佔 6%、其他民有林 167 百萬立方公尺佔 27%、道有林 67 百萬立方公尺佔 11%、森林管理局 345 百萬立方公尺佔 57%、國立大學演習林 10 百萬立方公尺佔 2%、其他試驗林 1 百萬立方公尺；另依樹種別分：闊葉樹 3.8 百萬立方公尺佔 51%、針葉樹 310 百萬立方公尺佔 49%。

北海道木材需求量（平成 11 年 1999）每年約 984 萬立方公尺／年，而道內生產量為 355 萬立方公尺／年，不足部份由輸入木材補充之，平均道內每年供給量約為 36% 左右。每年平均林木生長量約 1,300 萬立方公尺，伐採量約 370 萬立方公尺至 490 立方公尺，平均之年淨生長量為 810 立方公尺／年至 930 立方公尺／年。

北海道森林林道總長 23,705 公里（平均 4.5 公尺／公頃），其中國有林（包含其他國有林）為 15,479 公里（5.4 公尺／公頃）佔 65%、道有林 2,883 公里（4.9 公尺／公頃）佔 12%、民有林 4,305 公里（2.4 公尺／公頃）佔 18%、國立大學演習林 1,039 公里（10.7 公尺／公頃）佔 4%。

治山事業之投入，自 1995-1999 年四年間共投入一千七百九十一億五千六百萬日圓，平均每年為四百四十七億八千九百萬日圓。

北海道森林管理局所轄範圍包括 32 市、129 町、19 村計 180 市町村，面積 307.5 萬公頃，佔北海道森林面積 55%，其轄下組織共有 4 個分局 21 個森林管理署、3 個森林管理支署及 320 所森林事務所。

其森林區依機能類型分別為（一）水土保持林 169.7 萬公頃佔 55%。（其中包括國土保全 44.6 萬公頃佔 14%、水源涵養 125.1 萬公頃佔 41%）（二）森林與人之共生林 76.4 萬公頃佔 25%（其中包括

四、島原半島雲仙普賢岳、眉山地域之治山防洪與綠化工程：

雲仙普賢岳火山爆發災害與防治復舊工程：

(一)火山活動災害概要：

普賢岳自寬永年間(1637)即有火山爆發活動之記錄，平成二年(1990)，再度發生嚴重之爆發活動，火山噴出堆積物總量達27,000萬立方公尺，造成44人死亡及失蹤，建築物摧毀2,511棟及2,640公頃之森林面積受害，農、漁、商、工損失總額達2,300億日元，影響之地域包括水無川流域、中尾川流域、湯江川流域及眉山地域等。

(二)治山對策之基本構想：

火碎流伴著火山灰，普賢岳一帶覆蓋大量的火山灰，隨著降雨侵蝕造成地表沖刷及山腹之侵蝕崩塌，繼而形成大量土石流，影響居民生命財產及造成林地之破壞荒廢，因此政府當局迅速成立「雲仙普賢岳、眉山地域治山對策檢討委員會」，擬具治山計畫及災害復舊計畫，其基本方針包括：

1. 山腹荒廢地之整治：

- (1) 土壤滲透能力之回復、侵蝕之抑制，航空及人工實播工程施行，早期全面綠化。
- (2) 火碎流跡地，防止集中降雨之流出，適度引導排水及擴散，防止土砂、土石之流出，加強攔砂壩植生綠化工程。
- (3) 山腹凹部，加強排水系統之設計，防止大雨時之侵蝕。

2. 溪流荒廢地之整治：

- (1) 抑制溪間堆積之火山灰遭侵蝕及流出，防止土石流之發生，建構連續性階段狀治山防洪壩。
- (2) 溪流流路之固定，溪岸侵蝕之防止，加強主要溪流間之流路工程設計及施工。

3. 森林立枯地域之復舊：

火山活動停息後，迅速恢復植生綠化，加強邊坡固定及植生等自然植生工法之設計。

4. 森林枯黃變色地域之復舊：

- (1) 強萌生能力之闊葉樹類，隨其自然回復綠化，並加強維護。
- (2) 加強生長快速之樹種或???等針葉樹類之造林計畫。

5. 空曠荒廢火山跡地地域，施行空中飛播植生綠化。

該區域治山復舊工程之實施，目前已完成治山防洪壩 103 座、導流堤 29 座、護岸防坡堤 31 座、山腹邊坡工程 0.56 公頃、航空實播 489 公頃、作業道開設 5,254m 森林復整理 432 公頃。至平成 9 年(1997)森林自然回復之面積已達 1,575 公頃，還有 1,065 公頃尚待恢復中。

航空實播之理由：

- (1)警戒危險之區域。
- (2)人工實播栽植不可達區域。
- (3)施工範圍極大之區域。
- (4)其他施工法所需資材無法運達之地區。

一般粗放之航空實播較地面人工集約實播之效果較差之原因係：(1)施工地域屬火山噴出之堆積物，有大大小小之石礫及極細緻之火山灰，(2)植物必要之生長養分缺少，(3)養分、水分之保持能力缺乏等惡劣之土壤條件。所以欲改善此缺點，則需採用一些改良之施工方式，傳統之航播資材有種子、肥料、侵食防止材、著色材及水等混合物，新改良之資材則增加混入菌根菌、坡面侵蝕防止展著劑(????) 緩效性肥料、景觀用花草類種子及為提早森林恢復，施用大量之木本類種子等。

行第一次航空實播後並經過一年後，需再續施行追播及追肥作業，普賢岳火山爆發跡地於平成 8 年(1996)施行航空實播面積 489 公頃，並於平成 9、10、11、12 年施行追播及追肥，至今完成綠化面積為 405 公頃，達 82.8%，綠化地植生群落平均為實播導入草本佔 85%，導入木本佔 10%，外力侵入草本佔 5%。

五、間伐材在森林土木工程之應用：

(一)間伐材利用之特徵：

- (1)炭素的固定。
- (2)自然養分元素之回歸。
- (3)與自然景觀之調和。

(二)間伐材應用之型式：

- (1)邊坡之穩固及橫坡駁坎欄柵。
- (2)步道設施之利用：如木棧道、木碎片步道等。
- (3)溪流護岸及防砂、淺壩之利用。
- (4)保安林、防災林之利用：如防風木牆、邊坡雪崩落石防止木欄柵等。
- (5)建構及遊憩設施之利用。
- (6)其他利用：如木筏、花圃圍籬及矮牆圍籬等。

六、參觀札幌定山溪薄別川地層滑動災害復舊工事：

平成 12 年 5 月於石狩森林管理署定山溪國有林 2,066 林班，無意根大橋附近，因春季溶雪及降雨而造成地滑災害（約 7 公頃），約有 20 萬公頃之土砂流出而造成他豐平川支流薄別川阻塞，因而為害到無意根大橋之安危，影響札幌 - 中山之交通要道（一般國道 230 號），並且恐危及下游之定山溪溫泉及札幌市水道局取水設施、北海道電力之水壩等。此災害於 5 月份發生後隨即調查、測量及設計並提出計畫書，於 7 月份即核定預算，並順利於 8 月份起陸續發包施工，為求時效甚至於冬季雪季時亦持續施工，其工作之效率及專業執著，值得學習借鏡。該災害復舊工程，依受害之現況及災害復建之必要，計分為上部、中部、下部及溪間四部份施工，後又為加強穩固橋墩亦再追加橋腳防護工程。其施工首重坡面滑動之穩定及排水處理，故於上部鑿有 4 座集水井（深度 30m 至 35m）及打樁（鋼管）76 支、中部打樁（鋼管）120 支及下部土石欄柵固樁 116 支另於溪間護岸工事，則完成 4 座固床河壩及 170m 之護岸工程，目前並設置有水文等多項觀測系統，及災害防備警報系統，隨時控制防止地滑災害再度發生。

七、低壩群工法：

治山水壩主要分為二種型式：一種是具單獨機能性之高壩，另一種則為由多數組合機能之多段式低壩。早期大多以高壩為主，近來則儘量採用多段式之低壩施工。低壩群工法之原理及功能，是(1)利用多段之寬幅扇形弧壩，分散土砂 岩塊之堆積面，並安定溪床；(2)可誘導急彎流處之水流向與流速，以減緩河床及河岸之沖刷；(3)橫向堆積土石，可增加河岸砂洲面積，促進植生侵入形成植物群落及生物相多樣性之豐富度。多段式淺壩功能，上層之淺壩，主要攔阻較大型岩塊，逐次岩塊直徑愈小，最後段者僅攔截較小徑之石塊及土砂，並且於安定之溪床畔，堆積較多之土砂形成沖積砂丘，並經天然下種更新形成溪畔林，增加生物相之多樣性。北海道廣尾町野塚川是日高山脈南部之野塚岳(1,353m)及南十勝岳(1,457m)集水區流域，東注入太平洋，山高陡峻，川流湍急，土砂之侵蝕嚴重，上游地形多深谷且多絕壁，是河川侵蝕之壯年期，樹枝狀之溪岸支流亦遭連續性崩壞，中游地區形成河岸段丘及扇狀地，下游則有野塚村落、農田、道路，為下游居民安全考量，於昭和 55 年(1979)設置三段淺壩，扇狀溪幅寬約 100m，翌年再設置另一淺壩，合計有四段淺壩自施工後雖遇豪雨仍未再有土石流之發生。歷經 15 年後，溪床水流路廣，淺而安定溪畔先驅性樹種侵入，形成優美之溪畔林。

肆、建議：

一、治山防洪工程點、線、面之延伸：

日本有關治山工程之設計與施工，皆有實地之現場勘查資料，並作詳盡之分析、評估及設計規劃，除了在災害區域有重點設計施工外，且從災害上游沿線及周邊亦有配合多項設計施工，預防災害加劇，並加速綠化植生復舊。反觀台灣地區，每遇災害發生後，對於災害區域並未作詳細之勘查（包括水文、地質、溪澗分布等），即予設計發包施工，且對上游區域，並未作整體設計規劃防治措施，故遇豪雨或地震即再度發生崩塌地滑及土石流等之災害，使前所投入之經費付之流水，實在可惜。故建議相關單位，對於災害地區之整治能仿日本有關之治山方法與專業，考慮以多段式攔砂壩及低壩群工法等，並配合溪澗護岸穩固及邊坡植生綠化工程，確實作好崩場地及土石流災害之整治。

二、溪澗護岸及邊坡穩固工程之自然化：

溪流護岸及邊坡復建工程，目前多使用混凝土或水泥噴漿等施工方式，對於邊坡排水及河岸生態影響甚大。為維持景觀及生態之美，宜儘量採用原野岩塊堆砌或中小徑木間伐材利用，並配合綠化植栽，期恢復為自然狀態之景觀。平成 8 年（1996）9 月北海道惠庭岳中下游流域因 3 日間集中豪雨（最大日雨量 394mm）造成土石流災害，支笏湖畔露營區及道路受害嚴重，其中包含大量 1-2m 直徑之巨石，為防止上游急傾斜地堆積之土砂流出沖毀溪岸，所以於平成 9 年起設置 13 座混凝土固床淺壩，並利用過去流出之巨石，設置 6 座寬 14m、高 2m 之石壩（空積??？），利用中小型石塊堆砌保護溪岸。巨石石壩因具空隙利於底部之排砂，故堆積於石壩上方之土砂易滲流排出。經過多年以後該河道即又恢復為良好之景觀，且河岸天然更新之溪畔林相亦恢復生機。

三、推廣森林與人共生之關係：

森林除了提供木材外，尚有涵養水源，防止土壤侵蝕沖刷及休閒保健等功能，與人之生活息息相關，它可以豐富生活之內容，森林空間之利用提倡森林知性、感性旅遊，可以促進都市與農村之交流，活化地域之經濟社會活動。國有林中具有優美之森林山岳、溪

谷、河流、湖泊等，適合野外活動、自然教育觀察及體驗者，可規劃為各不同類型之遊樂林型態，並招募森林俱樂部會員，提供森林浴、野鳥、動植物觀察、林業體驗、木工教室、森林教室等活動及服務，並教導民眾對森林功能、森林作業及森林保育之認知與學習，體驗森林與人類生活之關聯性，促進其對愛護森林、保育森林之信念。

四、推廣木材之利用，提高木材需用量：

日本因傳統民俗與國情，對於木材之利用及需求量甚高，且供給量穩定，故國內木材價格合理，具有豐富之利潤，故除了國有林外，民有林造林意願甚高，目前私有林面積有 1,457 萬公頃，佔全國面積 40%。

台灣地區因生活習性及木材供需之不穩定致木材利用之需求不高，除檜木類及少數闊葉一級木之材價居高外，其餘一般價格甚低，無法刺激民間投入森林經營之意願，而造成山坡地超限違規使用、濫墾濫建嚴重，繼而影響水土保安而發生山崩、洪水、土石流等災害。希望能利用政府 8100 擴大內需政策藉由相關單位及產業推廣開發木材利用之形態與產品，提高撫育間伐中小徑木之利用價值，以達到推廣造林及加強國土保安之目的。

五、尊重森林從業人員之專業性與加強敬業性：

日本人民因對森林之喜愛與保護，相對地對林業從業人員亦有一股尊重敬愛之熱忱，且具有專業及敬業之林業人員，其對工作之熱衷與投入亦是令人欽佩且受到尊重。此趟考察活動中所接觸到的林業技術人員，上至單位機關首長，下至基層幹部，人人對業務之熟稔與主動，實在使人敬佩。目前台灣國內之林業因政治考量及漠視，常受到忽視，林業工作人員之地位亦相對地受到輕視與不受敬重。近年來民意高漲，山坡地遭嚴重之超限違規利用，林業單位稍有取締動作即遭受無謂之抗爭，甚至因而改變林業政策配合之，實有失林業專業管理之尊嚴，使在第一線工作之專業林業人員感到茫然與錯愕，甚至喪失信心。希望能藉由推廣愛林、保林及造林運動，重視林業之重要性，加強林業政策之支持，以提高林業地位，尊重專業林業人員，共同為台灣未來之森林生態環境而努力。