

出國報告（出國類別：其他）

參訪日本海岸防風林之營造效果 報告書

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：陳 財輝 研究員

派赴國家：日本

出國期間：101 年 04 月 08 日~04 月 15 日

報告日期：101 年 07 月 11 日

國科會補助專題研究計畫項下赴國外出差或研習心得報告

日期：101 年 07 月 11 日

計畫編號	NSC-100-2313-B-054-004		
計畫名稱	木麻黃防風林帶樹種對揚塵之攔截效果		
出國人員 姓名	陳 財輝	服務機構 及職稱	農委會林業試驗所 研究員
研習時間	101 年 04 月 08 日至 101 年 04 月 15 日	研習 地點	日本東京農工大學 森林總合研究所東北支所 山形縣庄內支廳酒田海岸林 宮城縣林務課仙台海岸林
研習名稱	(中文)日本海岸防風林之營造效果 (英文) Reforestation effect of coastal windbreak forests in Japan		
演講題目	(中文)台灣海岸防風林之營造技術與對策 (英文) Reforestation technology and strategy of coastal windbreak forests in Taiwan		

目次

壹、目的-----	3
貳、過程-----	4
參、心得-----	6
肆、建議-----	21

壹、目的

台灣的河川短淺，河川流量在乾季與雨季之變化極大，主要河川下游地段常會形成高灘地，此高灘地若無人為耕作，自然會有植生分佈，但多數下游河岸高灘地多供短期農耕作物使用，以致多處海岸地域之河川灘地多成裸露狀態，在冬季枯水期間，持續不斷的強風吹襲，導致大量揚塵對附近村落環境造成極嚴重危害。林木高大樹冠雖可攔截多量揚塵，但河岸林木若大量被洪流侵蝕淘刷，倒伏林木阻塞河道水流的風險很高。日本極為重視海岸林木的防砂及抑塵的效果，多年來持續調查主要河川下游地域自然植生分佈，調查防風林帶不同樹種組成結構及生長，以及海岸防風林帶配置之減風及揚塵抑制效果之研究，具有長久和顯著成果，值得觀摩與效法。

職陳財輝目前正在執行國科會「木麻黃防風林帶樹種對揚塵之攔截效果」，並在國科會專題研究計畫下奉准編列國外考查費用赴日本森林總合研究所和日本東京農工大學進行拜訪，除和日本森林總合研究所從事海岸林生長之研究人員進行防風林抑塵模式建立與應用之研究交流外，並到日本相關人工林試驗地去現場觀摩防風林抑塵效果之施業方法與林帶配置略。預期透過此次之山形縣海岸防風林考察與 2011 年 311 東日本海嘯造成仙台一帶大面積海岸防風林嚴重損害，日本政府因應海岸防風林締就計畫最新執行檢討將可增廣視野，因而對職之研究和台灣海岸防風林營造及防風林抑塵效果之對策擬定甚有助益。

貳、過程

一、行程

日期	地點	旅程內容
101年 04月08日(日)	台北→日本羽田機場→東京都內	行程
04月09日(一)	東京都內→東京農工大相場教授	於東京都內與相場教授討論海岸林營造技術考察內容。
04月10日(二)	東京→森林總合研究所多摩森林科學園	在日本森林總合研究所多摩森林科學園，雙方就森林復舊進行現地考察。
04月11日(三)	東京→仙台→山形縣酒田庄內海岸林→酒田市	東京搭電車前往仙台後，租車前往山形縣酒田海岸林考察，由梅津勘一先生現地解說。
04月12日(四)	山形酒田市→宮城縣仙台市→森林總合研究所東北支所共同論文發表會	發表台灣海岸林之營造技術、森林總合研究所人員分別從潮害、鹽害復舊及土壤等提出東海岸林復舊最新之論文報告。
04月13日(五)	宮城縣仙台市荒濱、東松島市濱市及石卷海岸→仙台	前往仙台及石卷等地海岸林考察，檢討海岸林復舊對策。
04月14日(六)	仙台→東北大學植物園及仙台市近郊水源保護林→東京	前往東北大學植物園考察，並聽取宮城縣政府 311 海嘯危害後之海岸防風林等復舊對策。
04月15日(日)	東京→羽田機場→台北	返國

二、行程簡介

101年04月08日

一大早前往台北松山機場，搭乘長榮航空早上班機前往日本羽田機場，由東京農工大相場教授陪同轉乘羽田快線捷運前往東京都內住宿，適逢櫻花盛開時間，由相場教授介紹各種櫻花品種分類要領及其親緣關係，以及前往最著名之新宿御苑參訪。

04 月 09 日

由東京農工大相場教授與共同探討本次參訪目的及進行方式，森林總合研究所菊地 賢博士則提供許多有關本次考察地區的海岸防風林研究資料供參，此對後續現地考察項目提供初步的背景印象，深化對現地考察內容的了解。

04 月 10 日

由東京農工大相場教授帶領前往東京都內之森林總合研究所多摩森林科學園，由吉丸博志園長、勝木俊雄主任研究員、島田和則主任研究員及岩本宏二郎博士等陪同，勝木博士首先介紹多摩森林科學園自然教育實施現況，之後吉丸園長等陪同勘查科學園內各項展示設施，並由東京農工大學畢業之島田博士提供日本海岸黑松林松材線蟲危害地之樹種改換技術等研究資料。

04 月 11 日

由森林總合研究所金指綾子博士陪同搭乘東北新幹線前往仙台，之後再租車前往山形縣酒田海岸林考察，途中首先在高速公路寒河江休息站與山形縣森林研究研修中心上野 滿主任專門研究原及宮下智宏研究員會合，之後繼續前往與山形縣庄內總合支廳森林整備課梅津勘一室長會合，由梅津勘一室長詳細介紹山形縣酒田海岸防風林木前狀況，以及各種海岸林教育解說工作推行等，之後冒雨徒步前往庄內海岸防風林之前緣、中段及內緣混合林等地考察。

04 月 12 日

由森林總合研究所金指綾子博士陪同開車回到仙台，之後在市內租借會議室，與森林總合研究所東北支所中村克典組長、小谷英司及小野賢二博士等，分別就日本 311 大震災後海岸林枯死原因調查、利用遙航測照片及高解析度衛星調查東日本大震災對海岸林的危害現況、海岸林赤枯危害之林分及土壤調查結果，以及本人介紹台灣之海岸林營造技術及對策。

04 月 13 日

由森林總合研究所金指綾子博士開車、東北支所中村克典組長及小野賢二博士陪同考察仙台市荒濱、東松島市濱市、石卷等海岸防風林現況，考察該所在 311 大震災後所設置海岸林枯死原因調查之固定樣區現況，以及海岸設置及海岸林防風防潮效果等之檢討，以及日本未來海岸防風林復舊之對策及執行等。

04 月 14 日

由宮城縣廳北部地方振興事務所相澤孝夫次長陪同，考察仙台市東北大學附屬植物園現況，以及鄰近都市近郊水源涵養保護林的現況，同時聽取宮城縣林務部相澤次長針對 2011 年 311 大震災後該縣海岸防風林等之復興對策，及該縣負責執行之進度及困難點等，同時宮城縣林業試驗場山內健史前場長及小宮忠義先生也提供許多寶貴意見。

04 月 15 日 從東京羽田機場回到台北松山機場，完成現地考察工作。

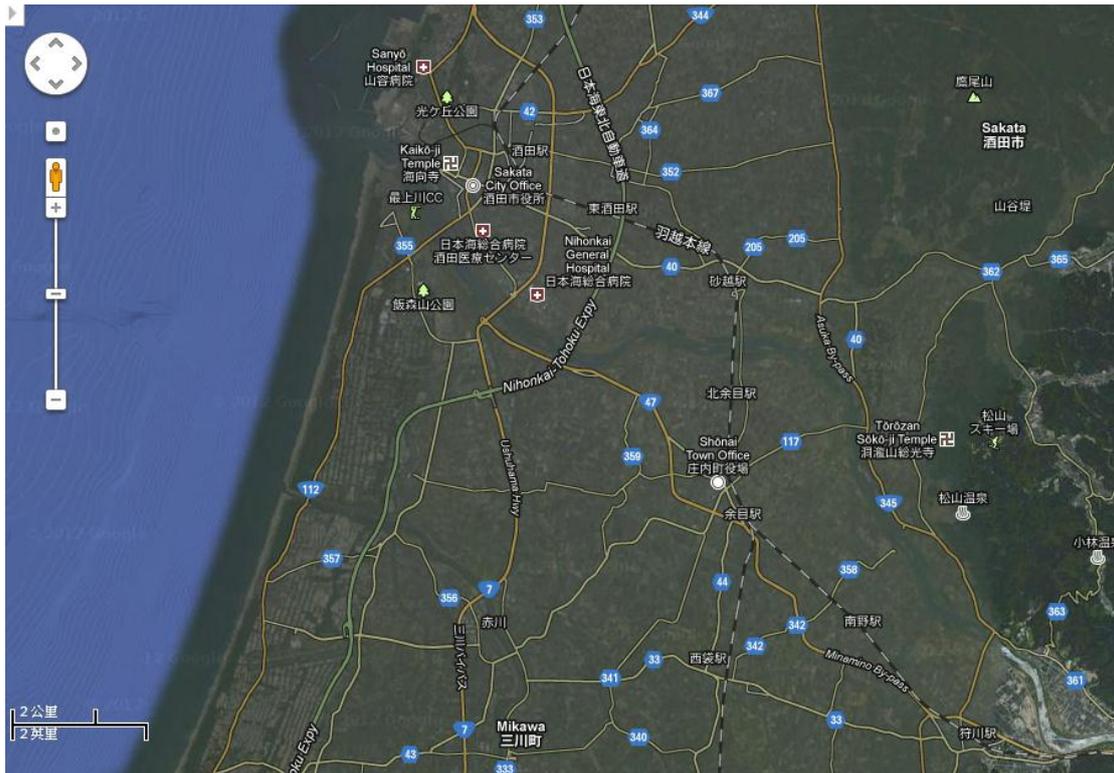
參、研習心得

(一) 日本山形縣庄內海岸防風林

日本海側之庄內地方為防止飛砂侵襲危害，從遠古以來及講究各種防風定砂對策，到西元 1200 年左右，砂丘仍被蒼鬱之森林所包覆，但從 15 世紀末期到江戶初期(西元 1600 年左右)，由於戰火燒毀及製鹽之薪材反覆大量亂伐，以致砂丘上草木幾乎全被砍伐殆盡。

到江戶中期(西元 1700 年左右)海岸林地荒廢到達極點，不僅飛砂災害嚴重、田畑及溝畦屢被砂埋、連年發生洪水災害，住家不得不遷移，而成廢村狀態。之後，地方政府為安定民生，開始進行植林事業，在藩廳經費援助下，以及在許多造林專家、在眾多人民的期盼下，長期默默地與砂奮，最後方得以成功。之後，此海岸造林事業繼續由後代子孫繼續承接，完成目前東部砂丘的林分現況。

有關日本庄內海岸資料及海岸防風林研究資料，承蒙日本森林總合研究所菊地 賢博士蒐集提供，且承該所金指陵子帶領現地考察工作，同時山形縣森林研究中心上野 滿主任研究員及宮下智弘研究員陪同考察，以及當地山形縣庄內總合支廳梅津勘一現地詳細解說，得以全盤了解日本海岸側海岸防風林之營造歷史、技術發展、向下扎根之教育解說及目前海岸復層林的努力方向等，謹此致謝。



庄內砂丘是日本國內數一數二的大砂丘，砂丘地經常有飛砂被害產生，從江戶中期即開始造林，使得東部砂丘得以安定。之後，中部砂丘造林結束後，繼續擴大西部（海岸前線）的海岸造林工程。

轄區內的海岸治山事業（防災林造成事業・保安林改良事業），從 1932 年開始舊酒田營林署在最上川北（西濱國有林 22 ha，且最上川南（濱中・湯野濱）為舊鶴岡營林署從明治時代即繼續施行造林事業。但是，在第 2 次大戰前後，因缺乏造林及管理，燃料採取、松根油採取、食糧增產及戰後回國者利用等理由，而致防風林的荒廢日益嚴重，飛砂危害埋沒已經成林之海岸林分，甚至波及住家及農耕地等。

1950 年起，酒田市及西遊佐・西荒瀨・袖浦・加茂等鄉鎮，希望實施國家來經營海岸造林事業，隔年起，隨即採納實施私有林地 300 ha 以上之造林事業，之候到 1957 年，庄內砂丘的植林面積就達到 584 ha。但是，外表看來安定之砂地，其地表經常砂地裸露，不僅從海岸潮線上來之飛砂堆積，為維護砂丘地安定，必須持續進行海岸砂地的維護工程。

現在的海岸國有林，從遊佐町吹浦、酒田市、鶴岡市湯野浜之總長度 34 km，寬幅 200 m ~ 800 m、面積 835 ha，大部分為飛砂防止保安林及保健保安林，住主要由庄內森林管理署進行維持管理工作，山形縣庄內總合支廳也成立「出羽庄內公益之森林營造協會」，積極從事森林志工的各項森林管理及推廣活動。

庄內海岸砂丘林從 1951 年起，即由中央來管理海岸防風林。其植栽方式，大致從海岸潮線側種植濱梨、秋茱萸等耐性強之先驅樹種，在其保護之下，後方才種植黑松，其係在嚴苛自然狀況下，經深思熟慮所產生的巧妙技法。

從海岸潮線側到後方之海岸防風林（圖 1），從海岸線到內地に，樹高從低木（幼齡木、海風等條件嚴苛，生長困難的樹木）到高木逐步增高，宛如一道向上傾斜之林相景觀。

另外，從北端之遊佐町吹浦到南端鶴岡市湯野浜總長 34 km，因分布面積極廣，從海岸潮線側進入到後方之廣大的防風林，整個視野之中，盡是連綿不斷的樹林帶，感覺出海岸林景觀極為雄大。



圖 1 從海岸潮線側到內陸林地，先驅樹種及背後之黑松海岸林



圖 2 黑松海岸林前緣之樹幹傾斜生長



圖 3 黑松海岸林帶後緣林內景觀明亮，林床經過整理

防風林內中，濱蒜及濱茱萸等先驅樹種、枯枝及入侵樹種等不多，林內顯有經常整理，而且有實施密度管理之故，樹冠不太擁塞、林內較為明亮。

此種經過林相整理之林床、明亮度、樹木形狀等，反應出嚴苛的自然環境條件及人所採取之施業對策，可視為該地域之代表性森林景觀。

川南地方

樹林-畑地-樹林・・等樹林及耕地相互交錯構，且重疊了好幾層為其特色。樹林帶東西方向寬幅較小，約為 20 m，南北方向較長。



圖 4 從畑地到樹林，視線穿過東西方向之樹林帶，仍可看到後方的樹林帶

16 世紀左右，最初由佐藤太郎右衛門等開始進行防風林植栽、開拓荒地、聚集村落之川南地方，當時主要為農業生產而植林。細長形狀之土地區劃，可方便肥料木及燃料採取，在畑地傍植栽建立樹林帶，為川南地方的土地利用形態的發展緣由。

在明治末期，居民之間為保護樹林帶，在南北列狀留存寬幅約 18 m 之樹林帶，直到今日仍留存之森林景觀。河合英二（2000）在海岸防災林最近的問題點一文中指出，海岸砂丘農業最理想的配置，最前線保留一定寬幅的林帶、內陸側列狀配置內陸防風林，在林帶間利用之作法較適當。列狀林帶與海岸潮線平行，可促進海風鹽霧的捕捉效率，而且林帶間隔一般為樹高 10~15 倍，林帶寬幅最好要有樹高 5 倍以上，方能期待具有防風效果。



圖 5 中段砂丘帶間，配合道路開設，黑松復舊造林

(二) 日本海岸防風林復舊方針

1. 前言

2011年3月11日發生日本觀測史上最大規模之地震，此地震伴隨而來大規模的海嘯，造成從青森縣到千葉縣間廣大範圍的海岸防風林受到極嚴重被害。尤其，仙台平原及三陸地方等地海岸林受到毀滅性的被害。

海岸防風林具有潮害防止、飛砂・風害防止等機能，提供農地及居住地之生活環境保護等重要功能。為高度發揮森林的前述公益機能，通常指定飛砂防止、防風及潮害防止保安林，其中具有風景或保健之優美景觀之森林，亦通常被指定為風景及保健保安林等。

海岸防風林對地域的生活環境保護具有重要之效果，自古以來，由地域居民來建造及維護管理之事例極多。本次海嘯災害雖對海岸防風林帶來嚴重危害，但海岸林木對海嘯能量消滅及漂流物捕捉等具有相當的效果。

海岸防風林具有重要的保護功能，對內陸側土地利用狀況影響極大，極需早日復舊回復成林。另外，鑑於本次海嘯對海岸防風林的被害為前所未有之規

模，從海岸防風林被害狀況的掌握、防災效果的檢證、復舊方法等項加以檢討，藉以從技術等觀點，策定日本海岸防風林的再生方針。

2. 海岸防風林被害狀況及對海嘯之阻擋效果

(1) 地震及海嘯之概要

此次三陸近海震央的最大震度9.0，伴隨而來史無前例規模之海嘯，從岩手縣宮古市之檢潮所觀測到8.5 m以上的海嘯，接近震央之青森縣道千葉縣之海岸地帶都觀測到極高的海嘯發生。因各地地形關係，在三陸海岸面向外洋之小規模谷地處超過20 m高者，在松島灣等內灣及仙台平原等平地大都為10 m左右。

另外，本次地震也發生大規模的地殼變動，在宮城縣東北部之牡鹿半島，發生1.2 m之盤下陷，而且東北地方之太平洋側多處皆有地盤下陷發生。依國土地理院發行之航空照片及衛星圖像，判斷從青森到千葉等6縣，受到海嘯之浸水達561 km²，其中農地、森林等浸水超過280 km²，在仙台平原等平地，浸水範圍從海岸線到5 km以上之內陸部。

(2) 海岸防風林的被害狀況

本次海嘯造成青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉等6縣海岸林的浸水被害約有3,660 ha，從航空照片判讀流失、水沒及倒伏狀況結果，被害率75%以上者約達3成、25~75%者約有2成多，為史無前例之極大規模被害。

各縣海岸林的被害狀況，依海嘯規模及地形等而不同。青森縣海岸林浸水面積雖達613 ha，但僅有輕微被害；岩手縣海岸林浸水面積僅164 ha，但約6成有極大的被害；宮城縣海岸林浸水面積達1,753 ha，其中極大被害者約達4成，被害面積達750 ha；福島縣海岸林浸水面積達295 ha，其中約有7成受到極大被害；茨城縣海岸林浸水面積達470 ha，幾乎僅有輕微的被害；千葉縣海岸林浸水面積達364 ha，亦幾乎僅為輕微被害。海岸防風林的現地調查報告，2012年1月24日統計，253處之被害面積約達1,718 ha之極大被害。

本次海岸防風林的被害<主要區分為以下4種，①無防潮堤等施設、僅林帶受害，②僅防潮堤等施設受害，③海嘯越過防潮堤等施設、林帶被害，④防潮堤等施設及林帶皆受害（大部分為此項）。

進而，再詳細察看被害狀況，地表高度低之地下水位高等處所，樹木的根系難以深入地中，根系緊縛力弱，多數形成根倒而成漂流木。而且，地盤下陷之處，常有土壤液化之現象發生。另外，有些地方根系緊縛力強，雖無發生根倒現象，但無法抵擋海嘯之流體力量，而發生幹折之漂流木亦不少。這些根倒及幹折所發生之漂流木，反而會助長海岸防風林對內陸地區之被害。

(3) 海岸防風林的再生方針

基本的海岸防風林的復舊方向，設定下列4種之個別或是數種的混合模式。

①主要為曲折式海岸等林帶幅狹小處所，包括海岸線極接近山地、或是社會條件等不易取得林帶幅之處。在這些地方，一方面復舊原有規模之林帶，確保原有施設之各項機能。

②在大部分平原地區且能確保林帶幅之處，藉著確保林帶幅，藉以獲得必要的機能；或是林帶幅的確保之外，再加上人工填盛土地造成，藉以確保必要的機能。

③複合型機能之海岸防風林，藉著人工填土的建造來降低海嘯被害的輕減效果之外，海岸防風林具有下列災害防止機能；飛砂防備、防風及防霧等災害防止機能；提供休憩的場所及良好景觀的創出等保健休養機能；植栽樹木的維持及管理，持續的創出效果；大量發生之災害廢棄物中，經過處理之可再生利用資材，及填土材料等有效利用效果。

3. 檢討時須特別留意事項

(1) 需與地域的復興計畫等整合

東北地方之太平洋海岸地區，歷經明治三陸海嘯（1896年）、昭和三陸海嘯（1933年）、智利地震海嘯（1960年）等過去大規模海嘯的極嚴重被害，未來仍有與本次同樣巨大海嘯發生的可能性。

在中央防災會議中，基於「東北地方太平洋近海地震教訓之地震・海嘯對策有關之專門調查會」的調查，訂定針對發生頻度及規模不等海嘯的對策。在中央之東日本大震災復興構想會議中提出「復興之提議」，在東日本大震災復興對策本部，則提出「東日本大震災之復興的基本方針」，據此基本方針，作為災害抵抗性強之地域營造作法之中，針對「沿岸部的復興之際，海岸防風林須加以活用」加以明白記錄。

在受災各縣及各市町村，在策定復興計畫時，需進一步修訂「東日本大震災復興特別區域法」及「海嘯防災地域營造相關法律」，最為未來施策檢討依據。

在各個地域之危機管理方面，在災害時的被害盡量最小化之「減災」的想法之下，每個地域在合意形成的情形下，海岸防風林雖無法完全抑止海嘯危害，因具有海嘯能量衰減及漂流物捕捉效果等被害輕減效果，海岸防風林的效果及功能，必須得在地域居民的充分理解。因此，海岸防風林的再生之際，必須與地域的復興計畫來整合。

(2) 林帶的配置

為發揮飛砂防止及防風等防災機能之森林營造方面，到目前之研究成果，從飛砂防備等機能方面，必須有50 m左右以上之林帶幅。但是，在海濱方面，因飛砂及鹽害等對樹林而言，係為極嚴苛之生育環境，大致上有150~250 m左右之林帶幅較佳。而且，從海嘯能量衰減效果來看，到目前之研究成果，海嘯高度3 m等之條件下，雖有數值模擬結果，林帶幅50 m左右以上，住宅破壞等影響之海嘯的流體力（流速、水流壓力等）可見降低一半以下，從海嘯之到達距離、浸水深度的低減等項變數，林帶幅在200 m以上可看出有很高的效果。

(3) 生育基盤的造成

微地形會影響海嘯能量衰減及樹木的生長，尤其在地盤高度低之地下水位高之處所，樹木的根難以深入地中，根系的緊縛力較弱，容易發生倒根、甚至變成漂流木者亦不少。

根據現地調查結果確認，具有相當的樹高、沒有受到被害之留存樹木，從地下水位之上之土層深約 3 m 左右；另外，即使幹折、而無倒根之樹木，其從地下水位之上的土層深約 2 m 左右。

因此，從飛砂及風害防止觀點，有相當高度之樹木，其根系需健全，方能確保其生長；且從面對海嘯不易發生倒根之林帶造成觀點，植栽木的生育基盤營造方面，從地下水位等考量，必須確保要有 2 ~ 3 m 左右之地盤高度，因此希望實施人工填土。

(4) 森林的組成結構

基本上，海岸林木具有根系發達、胸高直徑大、強壯樹幹者，其對抵抗災害能力強，且漂流物之捕捉效果大。同時，枝下高較高之樹木，其樹冠部分對海嘯的影響較少，海嘯的被害可能性低。另外，對海嘯能量衰減效果，不僅樹幹而已，枝及葉亦被確認具有效果，尤其枝下高低之林木衰減效果更大。

另外，小徑木即使受到海嘯危害，很多成為傾斜，在受災時亦可期待對海嘯能量的衰減效果。因此，針對各地域的實情，需檢討各地域之森林的構成。

森林的林分構造會隨著時間的經過而有變化，能發揮災害防止效果亦會隨時變化之故，包含施工順序在內之森林的造成及維持管理工作需隨時檢討。

例如，以大徑木為培育目標時，配合先前所建造的區域及上木的成長，以及下層闊葉樹植栽區域等分區檢討工作極為必要。

在植栽樹種方面，為能充分抵擋海岸最前線之飛砂、潮風、寒風等危害，以及提高陸地側保護對象之防風效果，必須選擇能生育足夠高度之樹種。

過去日本各地荒山分布面積很多，經過多年努力恢復成森林，從山地流向海洋之土砂供給量減少，而致海岸地區飛砂被害隨之減少。因應各地區的自然條件及其需求，建造多樣化之森林及保持生物的多樣性等觀點，考量植栽地的現況，盡可能考慮栽植闊葉樹為宜。

在植栽樹種方面，海岸最前線以黑松、日本赤松等針葉樹等，闊葉樹則以小葉桑及海桐等為主；陸地側方面，針葉樹仍以黑松及日本赤松等為主，闊葉樹則以小葉桑、楠木、櫟木等為主。海岸防風林的植栽株樹每公頃標準10,000本，但飛砂、潮風對樹木影響少之處，考量植栽地的環境等，可適度降低植栽株數。另外，植栽方法不適當時，林木根系會生育不健全，植栽時必須加以留意。

為能發揮災害防止機能，經由適當的管理，育成健全的林帶等維持管理工作極為重要，因應每個區域需求，希望分別檢討其維持管理方法。

(5) 綠化體制的整備

受到海嘯危害之海岸防風林能確實復舊，苗木的供給體制必須確立。日本全國松類的苗木生產量方面，目前黑松雖有0.9百萬株、日本赤松0.7百萬株，最大可能生產量，目前大約黑松4百萬株、日本赤松7.2百萬株，合併之苗木生產需要2～3年期間之故。把握海岸防風林的再生進度及適合植栽地環境的苗木需求量，苗木生產量的確保及抵抗性松類苗木的生產配套措施極為必要。

岩手、宮城、福島3縣之闊葉樹苗木生產量，包含庭園木等在內，約僅70萬株而已，闊葉樹的苗木供給量檢討時，掌握苗木的需要量之外，植栽預定地過去原有之自生樹種，儘可能在植栽生育環境相近的地域來採種生產之體制期待建立。

同時，植栽及往後之撫育管理等，在治山事業之外，從防災意識提升及地域的復興的象徵活動等觀點，地域居民及地域的綠化團體之參與植栽及撫育等，必需積極的加以檢討。考慮NPO及企業等對海岸防風林再生之關心，與這些民間團體等持續的共同合作聯繫極為必要。

針對東日本大震災之林野廳所定之海岸林的再生對策，森林總研研究所東北支所之研究人員擔負大多的研究調查執行工作，本次藉著在仙台市之小型研討會論文發表，從該所中村克典組長、小林英司及小野賢二博士之調查成果報告，以及仙台市荒濱海岸、東松島市濱市及石卷海岸之固定樣區實地考察，得以深入了解日本快速的計畫規劃、執行研究調查工作及調查分析、研究結果檢討改進供

海岸林施業計畫執行參考，此種研究支援海岸林復舊計畫的模式，深值吾人借鏡參考。

(三) 日本宮城海岸林的再生

(1) 前言

2011年3月11日發生的大海嘯，波及從海岸線5 km以上之內陸地區，海嘯之浸水面積達327 km²，為宮城縣面積的5%、耕地面積的10%，占受災15市町村的16%。同年12月，各地域訂出復興計畫，到目前順利推行中。

(2) 農林水產業再生作法及海岸林復興方向

宮城縣從震災發生後到2013年之3年之間，以受災者支援為主之生活基盤及公共設施復舊之「復舊期」，2014到2017年之4年間，以生活及事業等障礙排除有關基礎整備之「再生期」，2018到2020年之3年間，以戰略性縣政發展之「發展期」等設定。

農林水產業的被害金額，達2009年生產額度2,697億日圓約5倍，即相當於1兆2,623億日圓。宮城縣目標早日復興農林水產業，受到震災喪失之經營及生產基盤有關農林漁業者等之事業重開，恢復震災前的活力，從2012年推展震災區生產力的回復、防災對策的推進、輻射能的影響降低對策等。

而且，在1600年代、1930年代為主，為沿岸地帶水田造成等原因，所建之飛砂、潮害、高潮災害對策所造成的海岸林，長期以來保護農地及住家等功能，其大半之1,753 ha受到海嘯之流失、幹折、倒伏等被害發生，為保護海岸林之防潮堤及人工砂丘，在33 km之友19 km受災，急需復舊。

海岸林的被害調查進展順利，這些海岸林海嘯之漂流物的捕捉、流勢緩和等流出家屋的降低等，明確具有減災的效果。

約70年前，為海岸林的撫育管理、火災防止、盜採掘防止、防風設施的修復及宣傳等目的を目的，在岩沼町（現岩沼市）成立海岸林保護組合，在1955~1960年，共有35個組合在各海岸林地設立，縣內有4個地區成立連絡

會。其中，石卷、氣仙沼海岸林保護組合連絡會，是 4 地區中最後一個仍有活動的組織。隨著歲月經過，各海岸林之農地保護機能等認識薄弱，隨著會員的高齡化，保護組合的解散及空殼化，經營半世紀之連絡協議會在東日本大震災發生前之 1 年前剛好解散。受災後重新認識海岸林保護組合的重要性。海岸林保護組合的解散及弱項事項，有關海岸林及其保護的必要性，進而對海嘯之應對，過去所見浸水域居住地的再遷移等，必需慎重考量地域住民的意識。

目前，海岸地區有大量瓦礫（1,820 萬噸）之暫時放置場，海岸林及農地的完全復舊，擺在 2013 年瓦礫處理的目標期間以後。

今後的海岸林復興方面，市町所策定的復興計畫中，公園綠地等級海岸防風林等之調整、廢棄物處理場及防潮堤工程及海岸防風林整備計畫等之調整、防潮堤的位置及構造，海岸防災林機能發揮之檢討、植栽樹種的檢討（含監測）、苗木的長期及安定性供給體制等課題。

過去由當地住民自己的手來維持管理海岸林，發掘海岸林及農地的關連性，創造出新的模式構造，因此在海岸林的復興課題，行政與地域住民之任務分擔，藉由民眾組織協同工作的方法為今後的重要工作。

(5) 結論

宮城縣 2012 年預算為過去最大 1 兆 6,822 億日圓向議會提出，急需多方面的支援及協力。在農林水產業的復興之際，縣產木材的利用、木質瓦礫之生質發電、海岸林復興之志工參與的做法、漁場保護之森林營造等農林、林水等相互提携，展開新的視野極為重要。今後，震災前已解散或弱化之海岸林保護組合的再組織，地域居民對海岸林保護的意識及為重要。

本次承蒙宮城縣林務課相澤孝夫次長在執行復興計畫百忙之際，利用假日親自詳細解說該縣海岸林之再生作法，同時前宮城縣林業試驗場山內健史前場長，小宮忠義前海外造林專業技師陪同解說，謹致最大的謝意，並祈宮城縣海岸林能早日恢復原有之「白砂青松」美麗風貌。

(四) 森林冠部樹葉攔截浮遊粉塵及重金屬含量之研究

森林不僅具有林木生產功能之外，也有水源涵養及土砂崩壞防止及生活環境保護等多項公益性機能。近年來，生活環境漸日益惡化，一般人民對森林所具有之空氣淨化及躁音減緩等環境保護能的需求急速的升高。此種空氣淨化機能，可藉由樹木來吸收工廠、汽車等排出之空氣污染物質，尤其是空氣中浮游粉塵內所含之重金屬元素的捕捉。

過去的報告顯示出，森林內部的空氣中浮遊粉塵的密度較外部低約4～35%，其主要是樹冠捕捉浮遊粉塵量之差異所致。而且，林內雨較林外雨有較高濃度的重金屬元素含量，其亦是樹冠所捕捉的浮遊粉塵隨雨水而落下，從樹體所淋洗而下，再從土壤中被吸收的重金屬元素，此種森林內外重金屬元素量及浮遊粉塵量的差異被視為大氣淨化的機能。

更進一步，樹木葉部自體如何發揮大氣淨化的機能，可從森林樹冠部葉量的浮遊重金屬捕捉機能，藉著測定葉面付著之主要的重金屬元素含量，以及觀察浮遊粉塵的付着形態可深入了解。本次從東京農工大學蒐集到許多有關揚塵觀測之研究報告可供參考，在林學方面，主要以濕沉降法調查森林及林木樹體及樹冠攔截粉塵之能力，有關粉塵技術調查及分析方面，未來值得與東京農工大學持續進行研究交流工作。

肆、建議

(一) 加強海岸防風林營造方式及其機能之研究

海岸林有50 m以上林帶幅，即能飛砂防止等效果，但在生育條件嚴苛之砂濱環境，有150~250 m左右之林帶幅較佳。而且，從海嘯能量衰減效果來看，到目前之研究成果，海嘯高度3 m等之條件下，雖有數值模擬結果，林帶幅50 m左右以上，住宅破壞等影響之海嘯的流體力（流速、水流壓力等）可見降低一半以下，從海嘯之到達距離、浸水深度的低減等項變數，林帶幅在200 m以上可看出有很高的效果。台灣應加強海岸防風林之林帶幅寬度研究，加強整體性海岸林之設置研究，以及海岸或河岸防潮林的潮害防止效果研究。

(二) 加強與日本進行海岸複層林研究

過去日本海岸很少種植闊葉樹，但近年來逐建營造針闊葉樹混合林。和台灣相同，日本也面臨針闊葉樹混合林營造之問題，亦開使進行相關研究。複層林之建立可增加林分水平和垂直結構之異質性，有利於海岸林生態系之多樣化。由於兩國地理位置和林地狀況相近，熟捻日本森林總合研究所研究人員，有必要加強兩國就海岸林混淆模式研究。

(三) 加強與日本進行海岸林填土效應研究

日本海岸林復舊的主要方向之一，為海岸林地盤填高乙項。雖然，根據災後現地調查結果確認，具有相當的樹高、沒有受到被害之留存樹木，從地下水位之上之土層深約3 m左右；另外，即使幹折、而無倒根之樹木，其從地下水位之上的土層深約2 m左右。因此，從飛砂及風害防止觀點，有相當高度之樹木，其根系需健全，方能確保其生長；且從面對海嘯不易發生倒根之林帶造成觀點，植栽木的生育基盤營造方面，從地下水位等考量，必須確保要有2~3 m左右之地盤高度，因此希望實施人工填土。

但是，海岸人工地盤較高，對新植造林木的成活生長及為不利，未來是否會再進一步修正，有待後續調查研究證明，此項實施狀況需持續加以關注，未來可供我國海岸地區填土效應調查之參考。



圖6 仙台市荒濱海岸防潮堤破損及林木被害



圖7 仙台市荒濱海岸防風林林帶破損



圖8 仙台市荒濱海岸防風林設置廢棄物臨時存置場



圖9 海岸住家有林木保護得以倖存



圖10 東松島濱市海岸海岸林受害情形