

出國報告（出國類別：其他公務有關活動）

赴宏都拉斯邦交國教授森林健康管理課程

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：汪澤宏 副研究員

派赴國家：宏都拉斯

出國期間：108 年 6 月 1 日至 6 月 10 日

報告日期：108 年 9 月 1 日

摘要

林業試驗所執行財團法人國際合作發展基金會「宏都拉斯森林健康管理決策支援平台建置與能力建構」計畫，由所內汪澤宏博士提供台灣的邦交國宏都拉斯森林署相關森林健康管理技術與松樹蟲害防治之教育課程。上課地點在宏國首都德古斯加巴。汪員負責教授之課程為森林健康管理、松樹病蟲害與地面調查、小蠹蟲分類與種類鑑定。每日上課時間為上午 09:00 至下午 16:00，中午 12:00 休息 1 小時，共計授課 6 小時，8 日授課總時數為 48 小時。本次教育訓練課程，讓宏國森林署各分部的現地管理人員更清楚理解森林健康管理的內容及重要性、亞洲及美洲松樹林病蟲害種類及危害機制，透過小蠹蟲分類與種類鑑定課程，讓學員到進階的小蠹蟲鑑定方法，提升小蠹蟲地面監測工作的執行效率，有助於未來的樣本分析工作執行。

目錄

壹、目的	4
貳、過程	5
參、心得與建議	13

壹、目的

宏都拉斯(以下簡稱宏國)受氣候變遷與溫室效應影響，近年來發生大範圍的松小蠹蟲害，高溫、長期乾旱及氣候變遷使病蟲害災情迅速地擴張，不但影響居民生活，對國土森林地區及森林資源永續利用亦造成嚴重損害。我國於 2012 年起與宏國政府共同執行「中美洲地理資訊系統應用能力提升計畫」，應用我國衛星遙測與地理資訊系統等優勢技術，協助宏國監測自然保護區國土利用，並在 2014 年率先發現宏國森林地區之蟲害擴散情形，並提供 12 份判釋資料及報告，受到宏國政府重視。爰此，宏國政府向我國提出「宏都拉斯國家森林監測系統強化計畫」，以建立一可互相操作之網頁作業平台連結整合宏國森林保護署(National Institute for Forest Conservation and Development, Protected Areas and Wildlife，縮寫為 ICF，以下簡稱森林署)現有平台，並利用我國優勢衛星技術監測與更新宏國受蟲害影響之森林區域，同時強化森林署技術人員對於平台之使用、建置及維護，並理解偵測蟲害影響範圍方法，做為宏國森林政策與蟲害預防重要決策之依據。

松樹林生態系統長久以來在許多自然環境機制中扮演重要角色，例如水資源涵養、環境綠化美化、碳封存與地表侵蝕控制，然而，近年來台灣的邦交國宏都拉斯松樹林由於遭受南方松小蠹蟲大爆發的影響而備受威脅，對於生態、經濟與社會方面皆產生巨大影響。在 2014-2016 年蟲害爆發期間有超過 50 萬公頃的松樹林遭受影響，數以萬計的樹木死亡，並間接強化了受影響區域的森林野火威脅。值得注意的是，在宏都拉斯所爆發的蟲害威脅程度其實受到氣候因素影響顯著。目前宏國森林署對於松樹蟲害防治相當重視，但在森林資訊的橫向整合與應用部分仍缺乏整體性的規劃與執行能力，需要台灣方面建置森林健康管理決策支援平台以強化森林署相關能力，同時，此計畫涵蓋之領域包括森林健康管理、森林蟲害防治、遙測影像分析、空間資料庫技術與氣候變遷因應等多個主題，為確保森林署人員能於上述領域具備足夠的知識以運作平台系統，職此次出國執行國合會「宏都拉斯森林健康管理決策支援平台建置與能力建構」計畫，前往宏國提供教育訓練課程，課程內容包含森林健康管理、森林病蟲害防治等計畫相關之主題。

貳、過程

一、行程表

奉 派 人 員 職 級 姓 名			副研究員 汪澤宏	出 國 事 由	赴宏都拉斯提供友邦 森林相關人員教育訓練	
日 期			起 迄 地 點	任 務	停 留 天 數	備 註
月	日	星期				
6	1-2	六-日	台灣桃園機場 →洛杉磯轉機 →聖薩爾瓦多 →德古斯加巴	去程	2	
6	3	一	德古斯加巴	協助宏國森林署鑑定小 蠹蟲種類	1	
6	4	二	德古斯加巴	協助宏國森林署鑑定小 蠹蟲種類	1	
6	5	三	德古斯加巴	教育訓練	1	
6	6	四	德古斯加巴	教育訓練	1	
6	7	五	德古斯加巴	教育訓練	1	
6	8-10	六-一	德古斯加巴 →聖薩爾瓦多 →洛杉磯轉機 →台灣桃園機場	搭機	3	
合 計					10	

二、行程簡介

6月1-2日

自台灣桃園國際機場搭機經美國及薩爾瓦轉機後抵達台灣邦交國宏國拉斯首都德古斯加巴。

6月3日

本次赴宏國的教育訓練主題包含地理資訊系統、遙測、森林健康管理、松樹病蟲害與地面調查、小蠹蟲分類與種類鑑定、森林蟲害風險模式，授課主題皆已與宏國森林署進行事前討論後確定。當天外交部駐宏大使邢瀛輝女士等人相當重視此次教育訓練，特別前往會場與宏國一同舉行開幕儀式。當日的課程由中央大學負責教授地理資訊系統簡介。汪澤宏博士參與完開幕典禮後(圖1、圖2)，搭乘專車前往宏國森林署協助鑑定該單位採集的松樹害蟲，特別是小蠹蟲的部分。

6月4日

再次前往宏國森林署協助鑑定該單位採集的松樹害蟲，另外將部分危害松樹小蠹蟲挑出，容器並加以鑑定放置不同容器，準備當成6月7日的重要松小蠹蟲的鑑定材料。下午返回議場並指導國合會該計畫的駐外經理及替代役男(圖3)。

6月5日

教授森林健康管理介紹及松樹病蟲害與地面調查等課程(圖4)。森林健康管理主要介紹森林健康問題、生物多樣性喪失、森林病蟲害、森林蟲害流行病學及野火及空氣汙染。松樹病蟲害與地面調查則包括松樹病蟲害、松樹疾病、地面監測(直接目視監測與誘引劑監測)。課後學員進行課程考試。

6月6日

由國合會協助下帶領學員前往首都附近1小時車程的南方松小蠹蟲大爆發的地區進行野外實地考察、教學及討論(圖5-7)。課後學員進行課程考試。

6月7日

教授重要小蠹蟲分類與危害松樹的種類鑑定及實習課(圖8-10)。課後學員進行課程考試。並進行第一期教育訓練結業式並頒發證書(圖11-12)。

6月8-10日

自宏國拉斯首都德古斯加巴搭機經薩爾瓦多及美國轉機抵達台灣桃園國際機場。



圖 1. 2019.06.03 開幕式森林署副署長致詞
(由左至右: 汪澤宏博士、駐宏大使邢瀛輝女士及中央大學講者)



圖 2. 2019.06.03 第一階段教育訓練開訓大合照



圖 3. 2019.06.04 指導駐外經理、外交替代役男及宏國森林署人員



圖 4. 2019.06.05 教授森林病蟲害



圖 5. 2019.06.06 野外介紹被松樹樹皮的危害痕跡



圖 6 2019.06.06 在野外介紹小蠹蟲誘引器及誘引劑的使用與討論



圖 7 2019.06.06 在天使谷當地砍伐人員說明松樹砍伐計畫



圖 8 2019.06.07 教授重要危害松樹林小蠹蟲分子鑑定原理



圖 9. 2019.06.07 實習指導學員使用顯微鏡鑑定重要的南方松小蠹蟲



圖 10. 2019.06.07 回覆優秀學員提出來的問題



圖 11. 2019.06.07 頒發學員結業證書



圖 12. 2019.06.07 第一週結訓典禮

三、相關資料

(1) 宏都拉斯環境介紹

宏國位於中美洲區域，領土東臨大西洋及西面太平洋(圖 13)，該國面積為 112,000 平方公里。據統計宏國有 59% 的領土為森林地，是為林業建國的國家。然而，森林署預測國內的森林砍伐速度快速，每年約為 1,380 平方公里。宏國因氣候受地形和緯度影響，中部地區的中部山區系統將北部潮濕的大西洋地區與南部地區隔開，長期的乾旱季節導致強烈乾旱環境，使得大型野火發生，削弱森林和土壤條件。北部地區多屬熱帶潮濕氣候，平均降水量為 260.0 毫米/年，年平均氣溫則為攝氏 27 度。中部地區屬熱帶草原氣候，平均降水量為 1,600 毫米/年，年平均氣溫則為攝氏 24 度。而在太平洋沿岸的南部，年降水量則小於 1,000 毫米/年，年平均氣溫為攝氏 29 度。宏國北部和東部地區多以闊葉林為主，而南部的乾燥森林除部分原來的針葉林外，其他多被灌木林地和熱帶草原所取代。大多數針葉林位於宏國中部和西部地區，在東部僅些許分佈。本計畫的主要重點目標是遭受病蟲害感染的針葉松樹林，宏國總計約有 2 萬平方公里的松樹分佈在該國中西部地區，在北部則有呈零星分佈，東部位於 Gracias a Dios 省則有一片松樹大草原。

在宏國的針葉樹主要種類是加勒比松 (*Pinus caribaea*) 和油松 (*Pinus oocarpa*)，高海拔地區的針葉樹種還包括 *Pinus pseudostrobus*，*Pinus maximinoi* 和 *Pinus tecunumani*。加勒比松 (*Pinus caribaea*) 可從低海拔地區的海平面生長至海拔 600-800 公尺處；油松 (*Pinus oocarpa*) 生長在海拔 500 至 1,200 公尺之間，而白松(*Pinus pseudostrobus*)則生長在海拔 1,200 尺以上地區。另一方面，*Pinus maximinoi* 和 *Pinus tecunumani* 樹種通常是分布在海拔 500 公尺以上。宏國的樹木出口及家用木材目前是以油松為主要來源。然而，這些針葉林目前卻面臨松樹病蟲害週期性的侵襲而日漸消失。

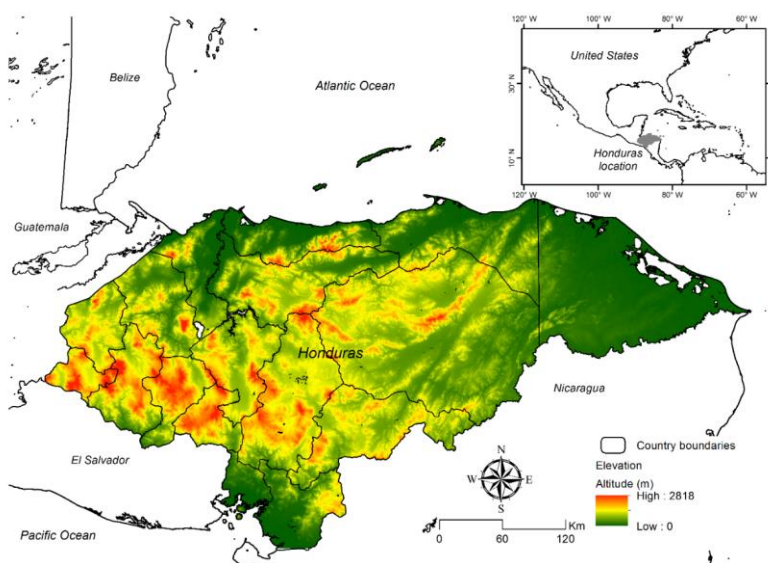


圖 13. 宏都拉斯位置與地形圖

(2) 宏國主要松樹蟲害介紹

宏國自 1960 年代就有紀錄大規模的松樹蟲害，主要的害蟲是南方松小蠹蟲(學名: *Dendroctonus frontalis*, 英文俗名: south pine beetle, SPB)。南方松小蠹蟲的分類地位是昆蟲綱(Insecta)、鞘翅目(Coleoptera)、象鼻蟲科(Curculionidae)、小蠹蟲亞科(Scolytinae)。南方松小蠹蟲是完全變態昆蟲，生活史包括四個時期：卵期、幼蟲期、蛹期及成蟲期。卵期 3-11 天(攝氏溫度 30 度至 15 度)，溫度越低，卵期越長，攝氏溫度 10 度時，卵期可長 34 天(Payne, 1981)。卵皆產於松樹樹皮的小蠹蟲隧道中，長約 1.5mm，寬 1mm。雌蟲交配後將卵產於松樹樹皮的小蠹蟲隧道中。幼蟲期有 4 齡(Fronk, 1947)，共 15-40 天(攝氏溫度 25 度至 15 度)(Gayne, 1980; Wagner, 1984)。蛹期 5-17 天(攝氏溫度 30 度至 15 度)。成蟲羽化後為淡黃色，蟄伏於樹皮中，蟄伏期 6-14 天(攝氏溫度 30 度至 15 度)，顏色變為黑褐色之後飛出原先的松樹至下一棵新的松樹。所以在高溫的情況下(攝氏溫度 25 度至 30 度)，南方松小蠹蟲的一個世代只需要 29 天即可完成(圖 14)。

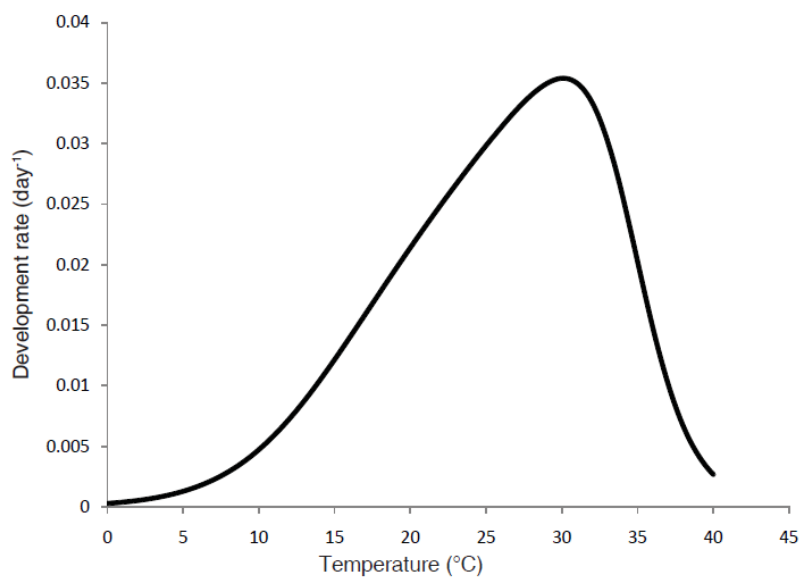


圖 14. 南方松小蠹蟲發育與溫度關係曲線圖(Birt, 2011)

這種害蟲分布北至美國東北方，南至尼加拉瓜。南方松小蠹蟲是宏國原生的週期性害蟲，通常 10-15 年內會大爆發。根據美國農部林業署的森林害蟲專家 Dr. Ronald Billings 的調查報告及其書信討論，宏國這次松樹小蠹蟲大爆發在 2013 年就有偵測到，只是當年全國正在選舉，加上森林署在 2008 年政府組織改組成立時，就已經裁撤原先森林署(CONADEH)的森林病蟲害防治小組，也就是說在 2014 年小蠹蟲大爆發時，宏國新政府森林相關部門是沒有森林病蟲害防治相關的組織編制。宏國新政府總統於 2015 年 8 月以行政命令 PCM-051-2015 宣告松樹病蟲害列為國家層級緊急事件，並建立打擊松樹病蟲害行動方針，森林署有大量雇員，在地面偵測、回報、危害面積、危害材積以及使用砍留方法(cut and leave)，這個方法美國林業署專家已建議宏國使用超過 30 年了，宏國目前已有 99.8%松樹林地之蟲害已獲控制，就這次松林危害面積達 5,054 平方公里，即全國 22.84%松樹林地受到影響，以感染點來看這次的危害應該是 1982 年以來最為嚴重的一次(圖 15)。

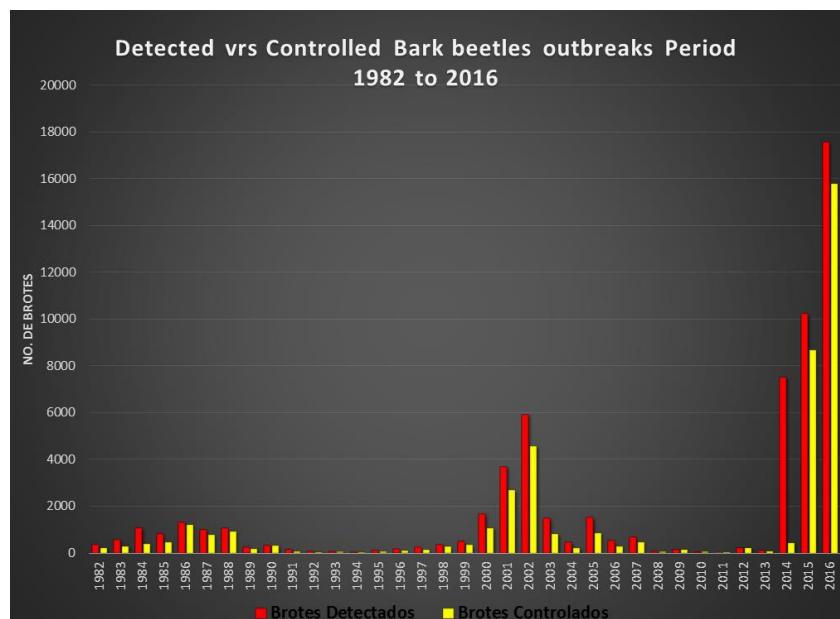


圖 15. 1982-2016 年宏國南方松小蠹蟲危害點及防治點

(3)松樹蟲害地面監測技術

地面監測主要有兩類方法，一類為直接目視監測法，一類為誘引劑監測法。當南方松小蠹蟲大爆發而開始擴散時，直接目視法可將被危害的松樹分為三個階段，第一階段是成蟲剛開始攻擊活的松樹，樹皮可以發現相當少量的小蠹蟲進入孔，樹冠層仍然是青綠色，持續 5-10 天後進入第二階段。第二階段的危害可以在撥開樹皮，在韌皮部發現大量成蟲鑽食所造成的隧道，樹冠層已逐漸由青綠色轉成黃色，這個階段會持續比較久，大約 25-35 天。第三階段是樹幹中新一代成蟲羽化鑽出松樹，在樹皮可以發現相當大量的小蠹蟲鑽出孔，樹冠層已逐漸由黃色轉為橙紅色，此時松樹已經枯死，並可透過衛星影像及航空照片明確判定，進一步估算災害損失之面積。誘引劑監測法通常以林根氏多層誘蟲器(Lindgren multiple funnel trap)或其他誘蟲器具搭配害蟲的誘引劑來監測其族群動態變化，這個方法在美國已實施至少 20 年了，對於監測南方松小蠹蟲族群及預估大爆發已有成效。目前南方松小蠹蟲的誘引劑有三種：frontalin、 α -pinen、endo-brevicomin。三種誘引劑的來源皆不同，誘引效果皆有差別，目前實驗結果是以三種誘引劑同時用於一個誘蟲器誘引效果最佳，之後在宏國將以此三種誘引劑搭配來進行推廣。這個方法需要定期去採收標本及更換誘引劑。平時採收標本的時期可較長，以 15 天來採收一次標本。而南方松小蠹蟲爆發時，採收標本的時期要縮短，以 7 天來採收一次標本。採收後的標本經過鑑定，再透過災情回報與通報技術來回傳資訊。

參、心得與建議

◆ 心得

藉本次教育訓練，強化宏國人員於 GIS/RS 專業領域之技術水平，提高本計畫執行期間與宏國相關技術人員之配合默契度，進而提升本計畫執行成效。透過小蠹蟲分類與種類鑑定課程，宏國各分部的現地管理人員可學習進階的小蠹蟲鑑定方法，提升小蠹蟲地面監測工作的執行效率，有助於未來的樣本分析工作執行。透過森林蟲害風險模式課程，宏國技術人員可學習風險圖製作方法，應用於包含蟲害及野火等多種風險圖製作，提升宏國整體技術能力。

本次職所提供森林健康管理、森林病蟲害防治等課程進行教育訓練，除了課堂提供宏國森林署工作人員相關的學理內容，針對該國松樹林相關森林健康管理及松樹林小蠹蟲種類鑑定提供最詳盡的介紹，另外一天實際去野外實習課程內容也相當充實。職秉持最認真熱情的教學精神，而學員也迴饋認真的學習態度，上課及下課期間，不同學員請教了許多問題，職也非常愉悅的分享相關答案及我個人多年研究觀察經驗，可謂教學相長。

◆ 建議

一個良好的松林蟲害早期預警系統需要瞭解害蟲的基本生活史及其生態行為、害蟲爆發模式、害蟲擴散模式、遙測及地面監測技術及氣候等相關資料後，方能建構早期預警模式做為早期預警系統的核心，並應加上適當的防治處理決策支援系統與災情評估系統，能建構出完整的松林蟲害早期預警系統。另外，蟲害應屬於森林健康管理的一環，必要時應從森林健康管理著手，配合適當的森林管理施業措施，以遏止或降低蟲害的影響。所以落實森林健康管理才是根本之道。