

陽明山國家公園昆欄樹族群生態學 及氣候變遷影響之研究



陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

(國科會 GRB 編號)
PG10301-0407

陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及 氣候變遷影響之研究



受委託者：國立中興大學
研究主持人：邱清安

陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

**陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究
成果報告基本資料表**

一、辦理單位	陽明山國家公園管理處		
二、受託單位	國立中興大學		
三、年 度	103 年度	計畫編號	PG10301-0407
四、計畫性質	行政		
五、計畫期間	103 年 1 月至 103 年 12 月		
六、本期期間	103 年 1 月至 103 年 12 月		
七、計畫經費	940 千元		
	資本支出	仟元	經常支出 940 仟元
	土地建築	仟元	人事費 220 仟元
	儀器設備	仟元	業務費 190 仟元
	其 他	仟元	差旅費 30 仟元
			設備使用及維護費租金等 35 仟元
			材料費 78 仟元
			其 他 270 仟元
			雜支費 32 仟元
			行政管理費 85 仟元
八、摘要關鍵詞（中英文各三筆） 陽明山國家公園、昆欄樹、物種分布模擬、氣候變遷 Yangmingshan National Park, <i>Trochodendron aralioides</i> , species distribution modeling, climate change			
九、參與計畫人力資料：			
參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰稿章節	現職與 簡要學經歷	計畫參與期程
邱清安	第一章~第四章	國立中興大學實驗林管理處副研究員/森林學系副教授 學歷：博士	103.01~103.12

目次

表次	II
圖次	III
摘要	V
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 工作項目與預期成果	1
第三節 主題背景及有關研究之回顧	2
第四節 研究區域環境概述	17
第二章 研究方法與過程	21
第一節 研究主題背景蒐集分析及相關研究之回顧	22
第二節 設置樣區調查昆欄樹植群組成	22
第三節 昆欄樹分布點調查及定位	22
第四節 蒐集及建立園區各項環境因子圖層	23
第五節 以物種分布模擬探討昆欄樹分布樣式	24
第六節 結合氣候變遷資料探討昆欄樹未來分布變化	24
第七節 充實自然資源資料庫系統	25
第三章 研究發現	27
第一節 昆欄樹之前人研究整理	27
第二節 昆欄樹之植群調查	28
第三節 昆欄樹分布點之調查及定位	36
第四節 各項環境因子圖層之建立	43
第五節 模擬昆欄樹之分布樣式	48
第六節 氣候變遷下昆欄樹分布之變化	49
第七節 自然資源資料庫系統之充實	60
第四章 結論與建議	63
第一節 結論	63
第二節 建議	64
附錄一、APG III之昆欄樹分類	67
附錄二、昆欄樹樣區調查植物名錄	71
附錄三、雙向矩陣群團分析植物學名縮寫對照表	83
附錄四、審查會議紀錄	84
參考書目	99

表次

表 1-1 臺灣地區昆欄樹主要出現之生育地環境因子.....	4
表 1-2 臺灣地區昆欄樹出現之植群型及主要優勢樹種.....	7
表 1-3 鞍部及竹子湖之各月相對濕度(單位：%)	19
表 1-4 鞍部及竹子湖之各月雲量(單位：十分量)	19
表 1-5 鞍部及竹子湖之各月日照時數(單位：小時)	19
表 3-1 陽明山昆欄樹植物社會調查樣區之基本資料.....	29
表 3-2 豬腳楠林型之環境狀況及植物相主要組成.....	31
表 3-3 昆欄樹林型之環境狀況及植物相主要組成.....	32
表 3-4 陽明山地區昆欄樹優勢上木樣區 TA18-24 之徑級分布	34

陽明山國家公園

圖次

圖 1-1 陽明山國家公園範圍圖(資料來源：陽明山國家公園網頁)	17
圖 1-2 陽明山國家公園之地形及水系(資料來源：本研究)	18
圖 1-3 竹子湖測站之生態氣候圖(資料來源：本研究)	20
圖 1-4 鞍部測站之生態氣候圖(資料來源：本研究)	20
圖 2-1 本計畫配合工作項目及預期成果所規劃之調查及研究流程(資料來源：本研究)	21
圖 3-1 昆欄樹植物社會調查樣區之位置圖(資料來源：本研究)	28
圖 3-2 陽明山昆欄樹植物樣區喬木層之雙向群團分析結果樹形圖(資料來源：本研究)	30
圖 3-3 七星山南側凹地具有優勢度極高的昆欄樹純林，屬於雲霧盛行之環境(資料來源：本研究)	33
圖 3-4 七星山南側凹地昆欄樹純林之航照圖，純林周圍以矢竹及芒草為主(資料來源：本研究)	34
圖 3-5 陽明山地區昆欄樹優勢上木樣區 TA18-24 之徑級分布圖(資料來源：本研究)	35
圖 3-6 昆欄樹純林附近之較開闊的裸露地所發現的昆欄樹小苗(資料來源：本研究)	35
圖 3-7 昆欄樹標示於臺灣數值高程模型之空間分布點(資料來源：本研究)	37
圖 3-8 昆欄樹標示於 Google Earth 之空間分布點(資料來源：本研究)	38
圖 3-9 昆欄樹於陽明山國家公園境內之分布點(資料來源：本研究)	38
圖 3-10 昆欄樹於全球之分布點(資料來源：GBIF)	39
圖 3-11 昆欄樹之分布海拔的比較：1.陽明山國家公園、2.大鹿林道-樂山林道、3.大雪山林道、4.臺 14 甲省道、5. 新中橫公路(資料來源：本研究)	41
圖 3-12 昆欄樹點位於南北向、海拔高之散布圖(資料來源：本研究)	42
圖 3-13 陽明山國公國區之溫量指標(WI)、複合地形指標(CTI)圖層(資料來源：本研究)	45
圖 3-14 臺灣現今之年均溫(BIO1)、溫度季節性(BIO4)、年降水量(BIO12)、降水季節性(BIO15)圖層(資料來源：WorldClim)	46
圖 3-15 臺灣 2050 年之年均溫(BIO1)、溫度季節性(BIO4)、年降水量(BIO12)、降水季節性(BIO15)圖層(資料來源：WorldClim)	47
圖 3-16 (A)各環境因子對昆欄樹分布預測之獲益表現。(B)模擬昆欄樹分布之準確度評估，平均 AUC = 0.895，屬於良好等級(資料來源：本研究)	51
圖 3-17 以 MaxEnt 模擬昆欄樹之出現機率圖(資料來源：本研究)	52
圖 3-18 昆欄樹之出現點(presence data)、虛擬缺席點(pseudo-absence data)(資料來源：本研究)	53

圖次

圖 3-19 BIOMOD2 之運算平臺(資料來源：本研究)	54
圖 3-20 摘錄 BIOMOD2 現今分布模擬之前 16 個模型之結果(資料來源： 本研究)	55
圖 3-21 昆欄樹之現況分布的整體預測模擬(資料來源：本研究).....	56
圖 3-22 摘錄 BIOMOD2 未來分布模擬之前 16 個模型之結果(資料來源： 本研究)	57
圖 3-23 昆欄樹之未來分布的整體預測模擬(資料來源：本研究).....	58
圖 3-24 昆欄樹之未來分布與現況分布的比較(資料來源：本研究).....	59
圖 3-25 昆欄樹之芽、花、果、小苗(資料來源：本研究).....	61

陽明山國家公園

摘要

關鍵詞：陽明山國家公園、昆欄樹、物種分布模擬、氣候變遷

一、研究緣起

昆欄樹為一冰河孑遺植物，僅分布於東亞。昆欄樹在臺灣中部分布於海拔 2000 m 左右山區，是典型的雲霧盛行帶指標物種，而昆欄樹的分布海拔在陽明山則明顯下降，且陽明山具有世界少見之昆欄樹純林。本計畫將調查昆欄樹分布地點、族群數量、植群組成等，並探討昆欄樹受氣候變遷之影響，以提供科學研究與經營管理之參考。

二、研究方法及過程

整理歷年有關昆欄樹研究報告、調查分析陽明山國家公園區內之昆欄樹分布地點、植群結構及組成，並以物種分布模擬分析昆欄樹之分布樣式，探討氣候變遷對其之影響。

三、重要發現

本計畫共設置 31 個昆欄樹樣區，記錄 313 種維管束植物，並顯示昆欄樹與豬腳楠常共同出現。於七星山主峰下方凹地具少見之昆欄樹純林，約估面積為 11012 m²，平均單位株數為 863 株/ha；徑級分布圖顯示此片純林欠缺昆欄樹小苗。本計畫共完成 1981 張昆欄樹之攝影及定位，並於各類資料庫可得 1051 點之昆欄樹分布點，總計獲得 3032 點昆欄樹分布點位；比較昆欄樹於陽明山國家公園與臺灣中部山區之分布資料，陽明山昆欄樹分布海拔很明顯地低於臺灣中部山區。結合昆欄樹出現點位及環境圖層資料可進行物種分布模擬，經 BIOMOD2 結合 10 種物種分布模擬方法之分析結果顯示，現今氣候環境下之昆欄樹主要分布於臺灣中海拔山區，而陽明山亦為一出現機率甚高的地區，然在未來(2050 年)氣候環境下，分布於北部低海拔之昆欄樹將喪失大部分的原有生育地，包括分布於陽明山海拔較低處的昆欄樹都將遭受嚴苛的考驗。

四、主要建議事項

立即可行之建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：各學術研究機構

現今昆欄樹植物社會之調查資料顯示，除了少數較開闊的地表裸露地之外，目前甚少見到天然下種更新的昆欄樹小苗，且氣候變遷之物種分布模擬結果也顯示，陽明山低海拔的昆欄樹將面臨嚴重的生存衝擊，建議可進行昆欄樹之物候學觀察，並配合管理處現有的苗圃嘗試進行昆欄樹之播種育苗及生長表現觀察等試驗。

長期性建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：各學術研究機構

昆欄樹是侷限分布於東亞的子遺植物，而陽明山是全臺灣，甚至是世界昆欄樹數量最多之區域，且具有他處所無之純林，建議未來可針對七星山下之昆欄樹純林定期加以監測，最基礎的做法即是瞭解純林之範圍，未來才能監測其變化。

ABSTRACT

Keywords: Yangmingshan National Park, *Trochodendron aralioides*, species distribution modeling, climate change

Trochodendron aralioides is the sole living species in this genus and relic in East Asia. It is an important element of the ecosystem in Yangmingshan National Park. In this project, we would explore the spatial distribution, population structure, and the effects of climate change on *T. aralioides*. In our results, we investigated 31 vegetation plots and recorded 313 species of vascular plants. *Machilus thunbergii* is the principal co-occurrence tree species of *T. aralioides*. The pure stand of *T. aralioides*, near Cising Mountain and with ca. 11012 m² area, was very rare in the world. Unfortunately the *T. aralioides* seedling was rather absent that may be due to the low light intensity in this stand. We collected 3,032 occurrence data obtained from the global positioning system and other biodiversity databases. These occurrence data could demonstrate the “altitude decline” phenomenon of *T. aralioides*. For species distribution modeling of *T. aralioides*, we extracted 19 bioclimatic layers as environmental variables from WorldClim database for current and future (2050) periods. The predicted consequences revealed that occurrence probability of *T. aralioides* mainly present in the mid-altitude mountains as well as Yangmingshan National Park. The population of *T. aralioides* situated on lower altitudes would be subject to the impact of future climate change

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

昆欄樹為一冰河孑遺植物，僅分布於臺灣及日本，是臺灣唯一無導管的闊葉樹。昆欄樹在臺灣中部分布於海拔 2000 m 左右山區，是典型的雲霧盛行帶指標物種，而昆欄樹的分布海拔在陽明山則明顯下降，此一現象可能與雲霧帶的北降有關，且陽明山具有世界少見之昆欄樹純林，同時也被認為是硫磺泉植物群系之一。本計畫將調查昆欄樹分布地點、族群數量、植群組成等，並探討昆欄樹受氣候變遷之影響，以提供環境教育題材、科學研究、經營管理之參考。

第二節 工作項目與預期成果

一、本計畫之工作項目包括

- (一) 整理歷年有關昆欄樹調查報告及各地分布地點之特色。
- (二) 調查分析陽明山國家公園區內之昆欄樹分布地點(收集 GPS 點位資料)、族群數量。
- (三) 設置樣區調查陽明山國家公園昆欄樹植群結構及組成。
- (四) 分析現有氣象資料，探討昆欄樹分布樣式，並結合氣候變遷議題加以探討(例如：可利用 species distribution model 配合 climate scenario 來模擬未來之分布)。
- (五) 充實陽明山國家公園自然資源資料庫，提供相關研究參考及應用於環境教育宣導資料。

二、本計畫之預期成果包括

- (一) 建立陽明山國家公園區內昆欄樹之族群數量、分布地點、植群屬性等資料。
- (二) 探討園區內代表性植物受氣候變遷之影響。
- (三) 掌握此一重要物種於園區內之現況，以做為經營管理之參考。
- (四) 提供調查結果，逐步累積陽明山國家公園自然資源資料庫。
- (五) 豐富環境教育解說之素材，使民眾對園區生態有更深入之認識。

第三節 主題背景及有關研究之回顧

為瞭解有關昆欄樹之各項前人研究，本計畫以陽明山國家公園之研究報告網頁(<http://www.ymssp.gov.tw/>)、Google 學術搜尋(scholar search)、國家圖書館碩博士論文網、中文期刊篇目索引進行科學文獻搜尋，及參考相關研討會論文與專書、陽明山國家公園之自然資源資料庫(http://gis.ymssp.gov.tw/nature/sys_guest/Main.cfm)，其中與本計畫之研究目標較具相關之文獻，已列於相關參考資料中；茲回顧整理與本計畫相關報告之要點如下。

一、昆欄樹之形態特徵與分類地位

昆欄樹(*Trochodendron aralioides* Siebold & Zucc.)是昆欄樹科(Trochodendraceae)昆欄樹屬(*Trochodendron*)植物，又稱雲葉，常綠喬木，芽大而尖，具覆瓦狀鱗片，樹皮暗褐至黑色，葉為菱形倒卵形或橢圓形，先端尾尖漸尖，長約 7~12 cm，上半部有淺鋸齒緣，葉表面為深綠色，有光澤，單葉，羽狀脈，螺旋狀互生，無托葉，葉柄長約 3~10 cm；花兩性，無花被，頂生總狀花序，雄蕊 3~5 輪著生，藥 2 室(4 個小藥囊)，直裂，每花具(4~)6~11 無柄心皮，於花盤上環狀排列，側壁幾相癒合，胚珠多數倒生；果為蓇葖果，沿內縫線開裂(劉業經等 1994)。

由於木材欠缺導管被早期的分類學認為是原始的特徵，因此如劉業經等(1994)所述：昆欄樹是最古老的樹種之一，為臺灣產唯一無導管之闊葉樹材，其分布區域甚小，由八角茴香科演變而退化者，可表明向金縷梅部一部份演進之途徑。但在近來較新的分類法為由被子植物種系發生學組(Angiosperm Phylogeny Group)所建立的「APG 分類系統」，在 APG III (APG 2009)中，昆欄樹科包含昆欄樹屬與水青樹屬(*Tetracentron*)，該科位於山龍眼科(Proteaceae)、懸鈴木科(Platanaceae)與黃楊科(Buxaceae)之間，不再被認為是一個原始的分類群。

二、昆欄樹之全球分布

雖然昆欄樹在地質年代曾廣泛的分布於北半球(Manchester et al. 1991; Lu et al. 1993; Pigg et al. 2001, 2007)，但現今子遺的昆欄樹的分布僅侷限於東亞(Stevens 2001)，包括臺灣及日本，在日本，昆欄樹之分布區域也包括了琉球群島(Ryukyu Islands) (Cronquist 1981; Mabberley 1987)，主要出現於溫帶(Yahara 1989)。

另外有趣的是，許多文獻描述昆欄樹之分布，僅限於臺灣和日本(Hatusima 1971; Li & Chaw 1996; Stevens 2001; Wu et al. 2001)，但是另有些文獻則記載著昆欄樹之分布地點包括南韓在內(Ohwi 1965; Cronquist 1981; Mabberley 1987; Manchester & Chen 2006; Pigg et al. 2007; Wu et al. 2007; Yang et al. 2008; Andrews 2009)。

三、昆欄樹在臺灣之分布與植群研究

昆欄樹多生長於中海拔山區之森林中，尤以 2000~3000 m 間特別常見，在北部海拔約 500~1050 m 處，有時可見純林(劉業經等 1994; Chaw 1996)。於黃增泉等(1983)之報告中提及，許多分布於臺灣中部海拔 2000 m 以上的種類，如臺灣龍膽、昆欄樹、金毛杜鵑，伴隨著植群帶之北降現象(Su 1984b)，在陽明山園區內隨處可見。

周國敬(1999)在其碩士論文中敘述到臺灣地區昆欄樹之分布，水平分布部分，北起金山、馬槽，南至恆春半島的里龍山，垂直分布在北部地區約海拔 500~2000 m，中部山區約 1700~2700 m，南部地區則分布在 950~2500 m，除石碇與平溪一帶分布較低外(約海拔 450~600 m)，大致呈一連續的分布(詳如表 1-1)。在植物社會組成方面，昆欄樹主要出現於針闊葉混合林帶及櫟林帶，除大屯山外，較少出現純林。

表 1-1 臺灣地區昆欄樹主要出現之生育地環境因子

地點	海拔 (m)	坡向	坡度	地形	參考文獻
馬槽	515		35-55	乾燥小稜線	王博弘&應紹舜 1996
大屯山	500-1000			谷地	陳明哲 1976
石碇平溪	450-600	迎風坡		乾旱岩石急斜坡之稜脊	李明仁 1986
鳥嘴山	740-1190	西、西南	12-32		陳俊雄 1996
插天山	1200-2150				邱清安等 1998
鴛鴦湖	1650-2342				柳楷&徐國士 1973
清水山	2000-2400			石灰岩	廖秋成 1979
慈恩碧綠	2160-2350	南、西北	27-45		高瑞卿 1995
富田山沿海林道	2000	北、南	22-45		高瑞卿 1995
日月潭	1760-2120	迎風坡		鞍部石質地	黃獻文 1984
玉山東埔	2150-2500		45		郭城孟 1990、 劉靜榆 1991
合歡山-梅峰	2000-2700		25-40	稜線	伍淑惠 1999
北大武山	2000-2700				鹿兒陽 1991
多納溫泉上游	1750-1950			山頂稜線	陳永修 1982
雙鬼湖	1950-2500		10-43		葉慶龍&范貴珠 1997
浸水營	940-1667	東北、西南	17-41		楊勝任 1996
里龍山	950-1000			山頂	周國敬 1999

(資料來源：周國敬 1999)

陳明哲(1976)於大屯山區之植群研究中提到昆欄樹塊狀的純林，多會零星分布在草原區內地勢較平緩的谷地，昆欄樹純林是由草本植物群落進入森林之先驅過渡單叢(pioneer consociates)，其生育地都在森林界限

以上的草原內，在七星山、竹子山及七股山上海拔超過森林及草原界限可以看到的塊狀森林，即為昆欄樹純林，而部份林內有殘存的巨木，其海拔分布緊接於森林及草原界限的下方處，可以見到原來昆欄樹純林被下方樹種取代後而形成的森林，其樹種組成大致是承襲昆欄樹純林下方的闊葉樹種，為耐陰性中等之樹種。

黃增泉等(1983)針對陽明山國家公園植物生態景觀資源進行調查，在森林植被部分處於早期消長階段的森林是以昆欄樹、尖葉槭及長梗紫麻等較易形成明顯而大片之純林狀態，其中昆欄樹林多分布於七星山海拔 1000 m 左右的凹谷中，為草原所包圍，其樹上附生臺灣藤漆(*Rhus ambigua*)，林下則密生臺灣矢竹，這是由臺灣矢竹社會經過消長演替後而形成的森林社會。

陳益明&郭城孟(1989)分析陽明山國家公園內火山植物生態之研究中，以園內四個火山噴氣口地區：大磺嘴、四磺坪、竹子湖及小油坑為調查地區，其中小油坑地區以包籜矢竹及五節芒為優勢植群，其森林主要分布於山溝，出現矮化的灌叢形相，其灌木層其實是喬灌混合林，包括矮化的喬木，以紅楠、昆欄樹及檜木為優勢，小油坑的灌叢與森林界限不明顯，推測可能是因為受到山溝特殊地形影響，且加上人為干擾及受風切面影響較小的原因，且每年東北季風帶來豐富的雨量及夏季山區時常出現的雷陣雨，使山溝長年累積雨水沖刷帶來充份的營養源及腐植質，加速了演替的進行，產生灌叢與森林混交的狀態，故演替速度較山坡上的高草區為快。由包籜矢竹及五節芒這兩種植物社會之林下幼苗及土壤化育程度來看，將會向灰木-桫欏的灌叢社會演替形成紅楠-昆欄樹社會。

賴明洲(1991)於陽明山國家公園鹿角坑溪生態保護區植物生態調查中，其分析植物分布與海拔高度之關聯性的資料中提到，昆欄樹是屬於全面分布，但有隨海拔漸升數量漸豐之趨勢，調查範圍海拔分布為最低 225 m (馬槽溪河谷)到最高 1095 m (竹子山主峰)，昆欄樹主要出現於海拔 600~1100 m，隨海拔漸昇數量漸豐，於海拔約 1000 m 左右範圍，數量最多。另外，針對鹿角坑溪生態保護區之植被特色與植物區系討論中

提到闊葉林部分，在森林植被分類的暖溫帶半常綠林有提到紅楠-昆欄樹亞群系，與紅楠、銳葉木薑子、墨點櫻桃及刺格形成三種群叢。

周國敬(1999)於臺北盆地周圍山區設置 21 個樣區調查昆欄樹生育地及植物社會，經群團矩陣及降趨對應分析後將植群分成三個植群型及兩個亞型。陽明山地區包括其中的「昆欄樹-紅楠型」及「昆欄樹-紅楠-長葉木薑子型」。昆欄樹-紅楠型又可分為昆欄樹亞型，位於七星山硫磺噴氣孔附近，土壤 pH 值很低，昆欄樹佔絕對優勢；昆欄樹-紅楠-金毛杜鵑亞型分布於大屯山及菜公坑山，主要為道路旁坡面。至於昆欄樹-紅楠-長葉木薑子型，則是位於七星山東坡。另外一植群類型為「昆欄樹-紅楠-大明橘型」，其位於石碇平溪一帶的二格、筆架山稜現地區。將此結果與研究中作者整理之表格(臺北之外其他地區昆欄樹出現之植群型及主要優勢樹種)做結合，可得到較完整之臺灣地區昆欄樹出現之植群型及主要優勢樹種(如表 1-2)。

王義仲等(2003)在陽明山國家公園之長期生態研究之植被變遷與演替調查中，將調查區之人工植群劃分出四型：(I) 樟樹-榕樹林型、(II) 相思樹-楓香林型、(III) 柳杉林型、(IV) 琉球松林型，由各植群型的優勢樹種徑級結構分布圖判斷，柳杉、琉球松、榕樹等族群將逐漸老化，而被香楠、紅楠、昆欄樹、山紅柿、細葉饅頭果、黑星櫻、大葉釣樟等樹種取代。

劉靜榆等(2006)針對臺灣中西部氣候區海拔 500~1500 m 之楠櫨林帶，蒐集有關植群分析之文獻及新調查的樣區，將有定量紀錄之樣區資料進行整合，共 314 種木本植物進入分析，利用雙向指標種分析法，再參考群團分析之相似性水準，依據歐陸學派列表比較法之原則，將樣區與物種進行排序上的調整，製成植群分化表。昆欄樹出現於大葉石櫨-臺灣雅楠群叢(*Pasania kawakamii*-*Phoebe formosana* association)，本群叢分布於海拔 1000~1500 m 之間，地形較平坦處，因附近居民墾植竹類或採取森林副產物破壞，下層林相甚不完整。臺灣中西部與東北部氣候區植群分類系統比對得知，臺灣山區森林的環境依照冬季降雨和全年降雨

量的比率可分為 2 個氣候區，即恆濕性氣候(東北部、蘭嶼)及夏雨型氣候(東北部以外)(Su 1985)。臺灣中西部為夏雨型氣候之代表，因此可與東北區(俞秋豐 2003)比對相當林帶之聚落群或代表樹種昆欄樹-紅楠群叢出現在東北區分布海拔較低，主要分布在楠櫨林帶。

表 1-2 臺灣地區昆欄樹出現之植群型及主要優勢樹種

地點	海拔(m)	植群型	主要優勢樹種	參考文獻
馬槽	515	鬼桫欏-昆欄樹亞型、	昆欄樹、奧氏虎皮楠、大明橘、樹杞、紅楠、鐘萼木	王博弘、應紹舜 1996
大屯山	500-1000	昆欄樹-紅楠型 昆欄樹-紅楠-金毛杜鵑亞型	昆欄樹、紅楠、金毛杜鵑、桫欏、狹瓣八仙花	陳明哲 1976 周國敬 1999
七星山	740-960	昆欄樹亞型 昆欄樹-紅楠-長葉木薑子型	昆欄樹、紅楠、長葉木薑子	周國敬 1999
石碇 平溪 二格 山 筆架 山	450-600	薯豆-長尾尖葉櫨-紅楠-綠樟過度簡叢、大明橘-薯豆-楊梅-大頭茶過度簡叢-黑欏-昆欄樹-大明橘-槌子欏過度亞簡叢、黑桫-綠樟-黃杞特徵型、昆欄樹-紅楠-大明橘型	黑桫、綠樟、黃杞、單刺桫、昆欄樹、錐果欏、紅楠、大明橘、茜草樹	蘇鴻傑、林則桐 1979 李明仁 1986 周國敬 1999
烏嘴山	740-1190	錐果欏-昆欄樹林型	楊梅、錐果欏、昆欄樹、長尾桫、紅楠、奧氏虎皮楠	陳俊雄 1996
插天山	1200-2150	高山新木薑子型 槌子欏亞型 臺灣扁柏亞型	紅檜、白花八角、紅楠、槌子欏、竹葉楠、高山新木薑子	邱清安、呂金誠、歐辰雄 1998
鴛鴦湖	1650-2342	紅檜-扁柏過渡群叢	紅檜、扁柏	柳樞、徐國士 1973

清水山	2000-2400	鐵杉-玉山杜鵑-昆欄樹群叢	紅檜、鐵杉、昆欄樹	廖秋成 1979
慈恩碧綠	2160-2350	臺灣雲杉-高山新木薑子林型	鐵杉、臺灣雲杉、森氏櫟、昆欄樹、狹葉櫟、三斗石櫟、臺灣水絲梨、高山新木薑子	高瑞卿 1995
富田山沿海林道	2000	紅檜-假長葉楠林型	紅檜、假長葉楠、昆欄樹、臺灣赤楊、大葉柯、霧社木薑子、薄葉虎皮楠、臺灣紅榨槭、短尾柯	高瑞卿 1995
日月潭	1760-2120	長尾柯-臺灣杜鵑-臺灣杞李侵-巒大越橘亞型	長尾桫欏、西施花、昆欄樹、臺灣杜鵑	黃獻文 1984
玉山東埔	2150-2500	臺灣雲杉林型、紅檜林型	臺灣雲杉、紅檜、昆欄樹	郭城孟 1990 劉靜榆 1991
合歡山-梅峰	2000-2700	木荷-假長葉楠型 三斗石櫟-赤柯型	木荷、假長葉楠、烏心石、昆欄樹、大葉柯、長尾桫欏、森氏櫟、三斗石櫟、森氏杜鵑、玉山假沙梨	伍淑惠 1999
多納溫泉上游	1750-1950	長尾柯-菱果石櫟亞型	錐果櫟、長尾桫欏、西施花	陳永修 1982
雙鬼湖	1950-2500	臺灣杜鵑-白花八角 銳葉木犀-白花八角	白花八角、鐵杉、森氏櫟	葉慶龍、 范貴珠 1997
浸水營	940-1667	柳葉柯-假長葉楠林型 守城滿山紅-槲子櫟林型	柳葉柯、紅花八角、槲子櫟	楊勝任 1996

(資料來源：周國敬 1999)

許立達等(2008)於陽明山國家公園植被變遷研究中，將陽明山地區重要的森林景觀包括 5 類，分別是以紅楠、長梗紫芋麻、大葉楠、昆欄樹、人工林為優勢植物，以昆欄樹為主的森林景觀分布於七星山及鹿角坑溪附近山谷地，常有純林出現。由於受到東北季風的影響，陽明山國家公園雲霧發達、降水充沛，氣候比平地潮濕、多雨、低溫，使得陽明山國家公園內的植物分布具有「北降現象」，有些地區雖然海拔不高，卻可以發現一些原本生長在中海拔的植物，例如昆欄樹優勢社會、包籜矢竹、白背芒、森林界限、杜鵑花等，也可以見到落葉楓紅等景觀變化。

陳俊宏等(2010)於陽明山國家公園陽金公路以東地區資源調查中發現，七星山區之植被類型為本區中最為多樣化之區域，推測是由於其海拔分布落差較大(海拔 600 m 至近海拔 1200 m)及位置獨立拔出，綜合地形及氣候等因子之變化，造就七星山成為陽金公路以東植被組成最為多元之區域。其森林類型分為天然林與人工林兩大類，而昆欄樹型為天然森林六種類型之一，昆欄樹於臺灣本島主要分布於海拔 1500~2500 m 間之霧林帶，但因本區為臺北盆地北緣突出之山峰，受東北季風影響而具霧林帶相似之環境，故於此地可見其北降分布；本類型植被主要分布於七星山海拔約 700~900 m 間，除為陽明山之霧林帶植被之代表外，亦可能為長尾栲型海拔以上之原始森林類型；其原因如同長尾栲，昆欄樹亦非傳播力強之物種，且在本區亦不乏海拔 700 m 以上之區域，然現今卻只存於七星山頂附近，而該區為全區唯一無文獻提及有曾被開發干擾。

四、昆欄樹之遺傳研究

吳瑞娥(2000)利用同功異構酵素、逢機擴大多型性核酸技術及 ITS 序列分析，探討東亞特有植物昆欄樹族群之遺傳結構及其遺傳變異度與基因流傳情形等微演化的情形，故選取臺灣本島、日本本島及琉球群島的西表島與奄美大島等族群樣本。結果顯示，昆欄樹族群內具有較高的遺傳變異，推測主要導因於其特殊雌、雄差別成熟的花期及昆蟲傳粉行為所造成；而族群間高度的遺傳歧異，則與地理的阻隔有相當的關連性。

因地質年代上長久的隔離，造成臺灣與日本、奄美大島親緣關係較遠，而與近期隔離的西表島親緣關係較近，遺傳分化已經存在日本/奄美大島群及臺灣/西表島群這兩大群中，明顯屬於地理割裂的隔離分化。另外在臺灣島內不同的地理分區及山脈的阻隔，與族群間的遺傳分化有相關。臺灣中部的族群，累積較多遺傳變異及具有較多的古老的祖先型，推測可能是冰期時昆欄樹族群的避難所，於冰期後再散佈到其他各地；而南部里龍山及北部陽明山具有較低的遺傳變異，可能是冰期後昆欄樹族群散佈的邊緣地帶。

另外，Huang & Lin (2006)利用已發表之化石及族群遺傳資料，包括同功異構酶及葉綠體 DNA 片段序列變異，來推測昆欄樹遷移到臺灣及其鄰近地區之可能歷史，結果顯示日本族群之變異型是最原始的，而且與臺灣及琉球之變異型不同；在分子時鐘方面顯示，日本與臺灣之族群是在 5.5 ± 2.8 百萬年前分化出來的，這個時間也可能是昆欄樹最初遷移到臺灣之時間，至於遷移路線最有可能是由日本經由琉球而移入臺灣，因為近昆欄樹之化石在亞洲只有在中國東北、日本及堪察加群島發現，推測由中國大陸遷移入臺灣之可能性不高。而現生之琉球族群，推測是由臺灣遷移過去的，因為琉球在一百萬年前曾沉入到海面下，故早期移入的族群隨之消失。同時，臺灣與琉球之族群具有相同之葉綠體 DNA 變異型，而且同功異構酶之歧異度比臺灣之族群平均比琉球的族群高一倍左右，顯示出遷移方向是由臺灣移向琉球。

五、昆欄樹與氣候之關係

張琇慧(2000)利用臺灣北部大屯山之昆欄樹進行樹輪氣候學分析的可行性，提及昆欄樹之年輪清楚、早晚材界線顯明，木材結構介於闊葉樹與針葉樹之間，其性喜偏好涼爽、潮濕的環境，主要分布於雲霧帶，約海拔 600~2800 m，為海洋氣候區的特有樹種。經利用昆欄樹管束形成層生長週期之觀察，結果顯示昆欄樹之活動期為 4 月中旬至 10 月中下旬左右，其餘時間為休眠狀態。昆欄樹芯經前處理完畢後，進行各項樹

輪參數的量測與讀取，得到全輪寬度、早材寬度、晚材寬度、最大密度、最小密度等五項不同樹輪參數對氣候反映的相關函數分析結果：昆欄樹晚材對氣溫及雨量的反映敏感性較早材高；密度對雨量之反映較佳，而溫度變化反映於輪寬變化。昆欄樹輪除了可以反映出臺灣北部之溫度、雨量之外，全輪寬度、最大密度及最小密度序列似乎也與東太平洋海表溫存在遙相關。

陳淑華&楊天南(2010)進行陽明山國家公園古氣候之調查時，文中提到本島中央山脈的森林界限在 3000 m 左右之近高峰，且介於寒帶林和高山凍原灌叢草原區之間，森林界限上常見的植物有玉山圓柏、玉山杜鵑、高山柳、玉山野薔薇、玉山金絲桃等，森林界限下部則以針葉樹之臺灣冷杉林和鐵杉林為主，林下則有玉山箭竹、川上氏忍冬、巒大花楸、玉山杜鵑、森氏杜鵑等灌木。但陽明山國家公園受硫磺氣、地熱、火山土壤，更受嚴酷之東北季風凌襲，致使本區的森林界限降至 900 m，僅含有本島低地亞熱帶闊葉林植群和暖溫帶闊葉林植群。陽明山國家公園之森林界線上部為臺灣芒和包籜矢竹為主之草原區、森林界限下部則以闊葉樹之紅楠和昆欄樹為主之暖溫帶林；陽明山國家公園之森林界線不但異於臺灣本島山脈者，且若以北半球之植被帶而論，亦屬極為罕見。常見於全臺灣 2000 m 左右之針闊混淆林帶邊緣之林木，在陽明山國家公園卻低至海拔 800 m 左右，如南燭、臺灣龍膽、小二仙草、落新婦、臺灣藜蘆、尖葉槭、昆欄樹、守城滿山紅、金毛杜鵑、臺灣馬醉木、白珠樹、異葉紅珠(玄參科)等。

六、昆欄樹之其他研究

劉庭芬(1997)於陽明山國家公園遊客對原生植物視覺景觀偏好之研究中，個人社經特性對植栽偏好的影響分析結果，在陽金公路植栽部份，昆欄樹為受到 46 歲以上年長者偏好的 9 種植物之一，在冷水坑停車場部份，遊客偏好之原生樹種前 4 名為青楓、楓香、杜英及昆欄樹，在植栽組合方面，遊客對其的偏好在第 3 至第 6 名之間，依序為楓香與野牡

丹(秋季)、青楓與昆欄樹(秋季)、山櫻花與昆欄樹(秋季)及楓香與昆欄樹(秋季)的搭配。

陳俊雄(2002)針對冷擎步道及七星山北坡步道做生態資源調查，其結果顯示七星山東峰至夢幻湖步道共紀錄到 58 科 116 種植物；冷水坑-擎天崗步道共紀錄到 86 科 203 種植物；夢幻湖停車場至夢幻湖眺望平臺共紀錄到 45 科 76 種植物，並就以上資料針對當地生態特性選出 35 種可供深度解說之物種，昆欄樹為子遺植物，入選 35 種解說植物之一，因其特別於其它地區的純林結構及形態，在此文中詳加介紹。

李明仁(2002)調查分析昆欄樹的生態習性及種原分布，改良昆欄樹苗木的培育技術，以供昆欄樹造林技術改進之參考依據，研究發現昆欄樹之種子成熟期為 10~1 月，所以育苗作業可於 10~1 月間採集種子，並立即播種，可確保種子來源。而昆欄樹種子之發芽以相對光度 80%以上者較佳，若育苗環境可作適當的管理，即可提高種子發芽率；其育苗介質之酸鹼度以 pH 6~8 之間者較佳，故可依據用以改進土壤介質之酸鹼度，以利幼苗生長。昆欄樹苗木的生長以相對光度 60%以上者為佳，依此據改善苗木的生長環境，增進苗木的生長。而不同種原之昆欄樹具有遺傳變異性，所以昆欄樹之育苗應採用本地種原，以利其能適應本地造林地之環境。

郭育任等(2012)陽明山國家公園步道自然及人文資源調查七星山系及大屯山系步道解說服務內容編撰案中，對於其中步道解說資源現況與牌誌主題分析，提到七星主峰至東峰步道，前段主要穿越濃密的闊葉林帶，是陽明山國家公園最具代表性的闊葉森林，行經七星公園後則逐漸轉為箭竹及芒草為主的植物景觀；此外，七星山北麓及南麓的植群型態亦不相同，是瞭解海拔及東北季風影響植物林相的極佳路線。步道沿線的代表性樹種包含紅楠、杜英、昆欄樹、臺灣杜鵑、野鴨椿、假桫欏、華八仙、山枇杷、野牡丹、包籜矢竹、白背芒、柳杉林等；地被植物也相當豐富，如臺灣肺形草、倒地蜈蚣、山菊、通泉草、臺北堇菜、山月桃、蕨類等。而位在國家公園西側的菜公坑山步道，由於北方及西北方

皆無較高的山系屏障，季風長期的吹拂下，於山頂迎風面出現零星的草原型植被。隨著步道穿越迎風坡與背風坡，濃蔭密佈的暖溫帶闊葉林內，數量較多的樹種有紅楠、昆欄樹、細葉饅頭果、尖葉槭、江某等，灌木植物有狹瓣八仙花、鬼桫欏、假柃木等。

七、物種分布模擬

物種分布模擬(species distribution modeling, SDM)可藉由量化物種與環境間的關係來對生物調查資料進行空間推估(Franklin 2009)，其為近 20 年來生態學與生物地理學最熱門的議題之一(Austin 1992; Guisan & Zimmermann 2000; Elith & Leathwick 2009b; Peterson et al. 2011)，相關報告的數量正急劇地增加(Lobo et al. 2010; Newbold 2010)；在眾多的報告中，由於所強調之面向的不同(Araújo & Peterson 2012; Saupe et al. 2012)，有時 SDM 也被稱之為 bioclimatic envelope model (Gallego-Sala et al. 2010; Mbogga et al. 2010)、ecological niche model (Ebeling et al. 2008; Abdel-Dayem et al. 2012)、habitat suitability model (Hirzel et al. 2001; Martin et al. 2012)。

簡而言之，SDM 是由 3 部分所構成：物種分布點資料—即依存變數(dependent variable)、環境預測圖層—即解釋變數(explanatory variable)、生成物種-環境關係之演算法或函數—即模擬方法(modeling method) (Moudrý & Šímová 2012; Sangermano & Eastman 2012)。

SDM 可由不同演算法來建構物種與環境之關係(species-environment relationship)，藉以模擬物種之可能分布區域，並可投射至不同的時間及空間(Guisan & Zimmermann 2000; Franklin 2009; Peterson et al. 2011)，其應用範疇包括評估物種現況、保育計畫、入侵種、發現新族群、生態復育、氣候變遷、生態理論、保育計劃等多種研究(Guisan & Thuiller 2005; Johnson & Gillingham 2005; Hirzel & Le Lay 2008; Elith & Leathwick 2009a; Araújo & Peterson 2012; Austin & Van Niel 2011; Gallien et al. 2012)。

近年來在臺灣已有許多關於 SDM 之碩士論文(曹立松, 2007; 張鈺敏, 2009; 王文巧, 2011), 未來本計畫可將此一目前正蓬勃發展的生態研究方法引入國家公園保育應用。

八、物種分布的模擬方法

目前已有各類型可用來模擬物種分布的方法, 其中, 最大熵模擬 (MAXimum ENTropy modeling, MaxEnt; Phillips et al. 2006; <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>), 是一種基於最大熵 (maximum entropy) 演算法的分布模擬, 其原理為藉由最大亂度的機率分布, 以物種實際的分布座標和物種分布地區的環境變數, 預測及估算研究物種在目標地區的可能潛在分布 (Phillips et al. 2006)。由於 MaxEnt 以 java 撰寫可於跨平臺操作, 界面簡便易上手, 且常被認為是較為穩健的物種分布模擬方法 (Elith et al. 2006; Guisan et al. 2007; Phillips & Dudík 2008; Elith et al. 2011; Feeley & Silman 2011), 如 Hernandez et al. (2006) 以 4 種 (Bioclim, Domain, GARP, MaxEnt) 不同的模擬方法在加州建構 18 種物種的 SDM, 結果顯示 MaxEnt 所建構之模型表現最佳; 而在 Wisz et al. (2008) 以 12 種模擬方法評估 46 種生物 (包含鳥類、小型脊椎動物、高山植物) 之分布, 亦發現 MaxEnt 的結果優於其他 11 種模擬方法。

另外, 近年急速成長的 R 是一種免費的統計分析與繪圖的環境, 其相關的套件 (package)、原始碼和說明檔案均可由 CRAN (Comprehensive R Archive Network; <http://www.r-project.org/>) 下載, Thuiller et al. (2009) 發表之 BIOMOD (BIODiversity MODelling) 套件即是在 R 上整合 9 種 SDM 方法之平臺, 另由於 MaxEnt 之廣泛被使用與穩健性, 故在 2012 年之後續版本 BIOMOD2 便將 MaxEnt 予以納入, 目前在 BIOMOD2 平臺上可同時完成 10 種 SDM 方法之分析, 包括人工神經網路 (Artificial Neural Networks, ANN)、分類樹分析 (Classification Tree Analysis, CTA)、彈性判別分析 (Flexible Discriminant Analysis, FDA)、廣義加法模型 (Generalised Additive Models, GAM)、廣義助推模型 (Generalised Boosting Model, GBM);

or usually called Boosted Regression Trees)、廣義線性模型(Generalised Linear Models, GLM)、隨機森林(Breiman and Cutler's Random Forest for classification and regression, RF)、多適迴歸樣條(Multiple Adaptive Regression Splines, MARS)、最大熵模擬(MAXENT)、表域包絡 (Surface Range Envelope, SRE; or usually called BIOCLIM)等 10 種模擬方法。

九、氣候變遷對物種之影響

已有非常多的報告指出氣候變遷將導致物種之分布範圍與豐富度的降低，依 Warren et al. (2013)於 Nature Climate Change 之報告指出，經針對 GBIF 資料庫之常見與廣分布物種進行未來氣候變遷影響模擬之結果顯示，在無減緩(mitigation)措施之情況下，2080 年代將有 $57\pm 6\%$ 植物、 $34\pm 7\%$ 動物可能喪失其現有氣候範圍的生育地；而常見之廣分布物種的消失可能比稀有物種更應受到重視，因為常見物種的消失將更嚴重地衝擊生態系。目前 SDM 是最常被應用來評估物種受氣候變遷影響的方法，包括探討模擬方法之不確定性問題(Morin & Thuiller 2009; Buisson et al. 2010)、結合生理學對物種分布進行模擬(Buckley et al. 2011)、選擇不同環境變數對模擬之影響(Austin & Van Niel 2011; Stanton et al. 2012)、物種出現點之樣本大小對模擬成效之表現(Hernandez et al. 2006; Wisz et al. 2008)、比較不同模擬方法及未來氣候情境(scenario)對物種未來分布之影響(Marmion et al. 2009; Alsos et al. 2012)，由以上這些研究可知，SDM 雖為一項正受重視且有力的生態研究工具，但未來仍有許多問題尚待逐一解決。

十、自然資源資料庫

經搜尋陽明山國家公園自然資源資料庫之植物部分，可知目前資料庫中之維管束植物包括蕨類植物 27 科 121 種(含種以下分類群)、裸子植物 6 科 13 種、被子單子葉植物 24 科 157 種、被子雙子葉植物 109 科

574 種，合計有 166 科 865 種。至目前為止，依資料庫網頁顯示，植物現有調查資料總筆數共 30356 筆，其中，昆欄樹之點位記錄僅有 5 筆 (2011 年 6 月蘇夢淮調查記錄)。

陽明山國家公園

第四節 研究區域環境概述

一、工作地點及範圍

本計畫之主要調查研究範圍為陽明山國家公園境內(圖 1-1)，由文獻回顧中，已知於園區內之馬槽溪河谷的 225 m，上至竹子山主峰附近的 1095 m，均可見其分布，並且在七星山海拔 1000 m 左右的凹谷中形成別處難得一見的純林，此均為本計畫之調查範圍。

因昆欄樹亦廣泛分布於臺灣其他區域，特別是中海拔之雲霧帶內，因此也將選擇重要的中海拔昆欄樹生育地進行初步的調查比較。

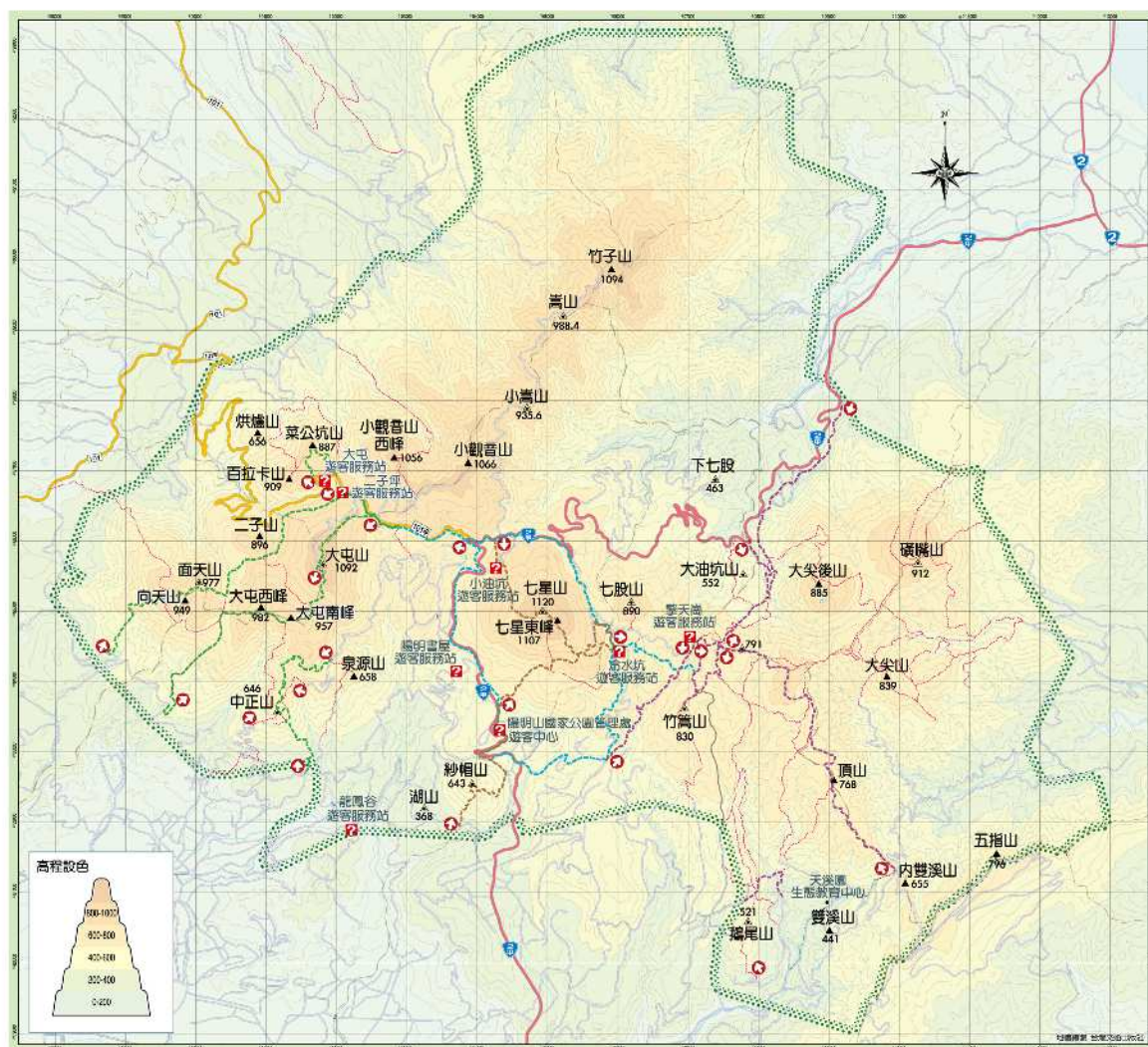


圖 1-1 陽明山國家公園範圍圖(資料來源：陽明山國家公園網頁)

二、山脈與水系

圖 1-2 為構成陽明山國家公園山脈與水系之地形，紅色線條表水系之位置，山脈主要由十數座火山體所組成的大屯火山群為主體(陳俊宏等 2010)，包括竹子山(1101 m)、小觀音山(1072 m)、大屯山(1090 m)、面天山(997 m)、七星山(1190 m)、磺嘴山(911.5 m)、大尖後山(882.4 m)等。本區之水系以高聳山嶺為發源地，向四方奔流而下，形成火山區特有之輻射狀山系，其中瑪鋤溪、磺溪向東北流，阿里磅溪、石門溪、老梅溪、八連溪、海尾溪、大屯溪及公司田溪則向北及西北流，雙溪及南磺溪則向西南流入基隆河(陳俊宏等 2010)。

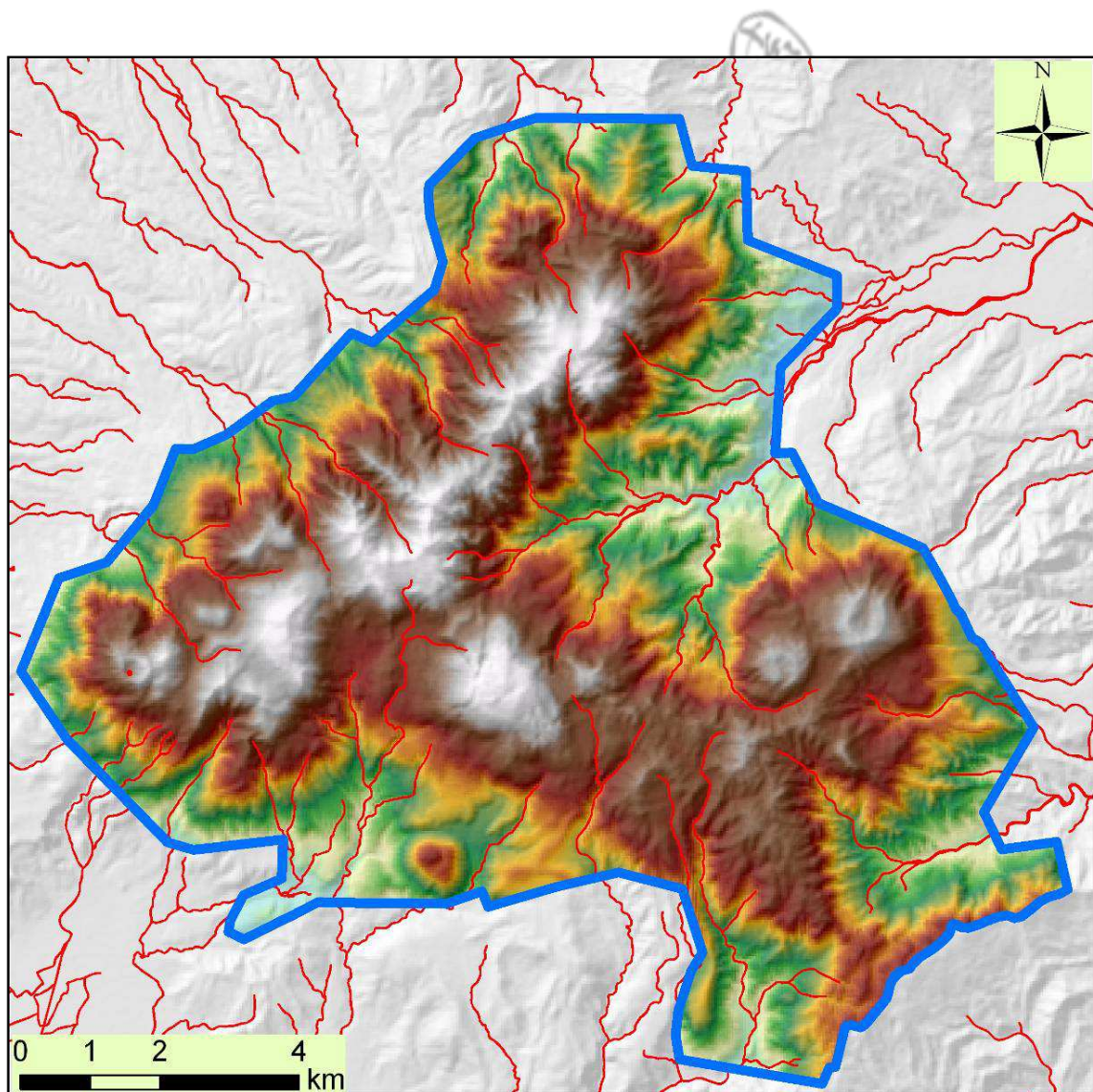


圖 1-2 陽明山國家公園之地形及水系(資料來源：本研究)

三、氣候

在陽明山國家公園境內有鞍部及竹子湖 2 個中央氣象局局屬氣象站，由此 2 測站生態氣候圖(圖 1-3、圖 1-4)可知全年均處在特濕期(perhumid)，另由表 1-3~表 1-5 之相對濕度、雲量、日照時數等資料(取自 <http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyData/mD.htm>)，及現場之觀察，可瞭解本區常見雲霧之環境。

表 1-3 鞍部及竹子湖之各月相對濕度(單位：%)

地名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
鞍部	92.2	92.6	90.4	88.7	87.6	87.7	85.8	87.6	89.7	91.2	91.7	91.3	89.7
竹子湖	88.6	89.3	87.9	86.4	85.2	86.2	83.3	84.3	85.7	87.4	88.0	87.8	86.7

(資料來源：中央氣象局)

表 1-4 鞍部及竹子湖之各月雲量(單位：十分量)

地名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
鞍部	8.1	8.3	8.2	8.3	8.2	8.2	7.1	7.1	7.6	8.1	8.3	8.2	8.0
竹子湖	7.7	8.1	8.1	8.3	8.0	8.0	6.8	6.7	7.0	7.5	7.7	7.6	7.6

(資料來源：中央氣象局)

表 1-5 鞍部及竹子湖之各月日照時數(單位：小時)

地名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
鞍部	60.5	57.8	76.7	71.3	85.0	81.6	129.7	124.1	87.5	59.5	50.9	50.4	935.0
竹子湖	94.3	83.0	100.4	97.2	112.5	115.7	164.8	167.5	131.1	113.0	102.2	98.2	1379.9

(資料來源：中央氣象局)

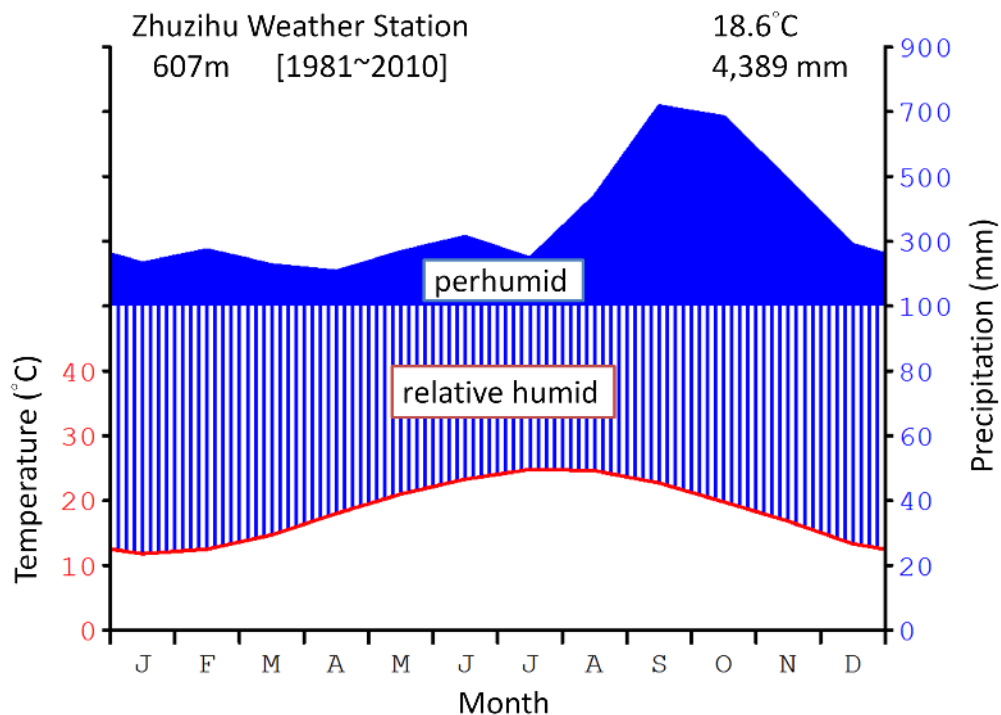


圖 1-3 竹子湖測站之生態氣候圖(資料來源：本研究)

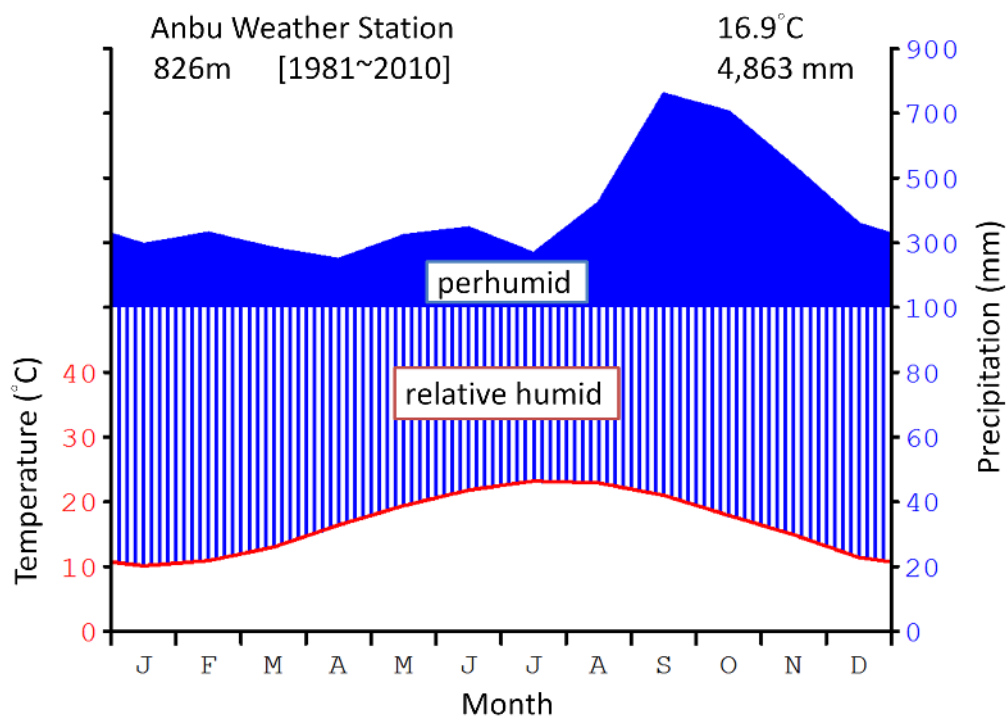


圖 1-4 鞍部測站之生態氣候圖(資料來源：本研究)

第二章 研究方法與過程

本計畫以陽明山國家公園為研究區域，依工作項目及預期成果來規劃調查及研究流程，圖 2-1 為本計畫預計執行之工作流程。

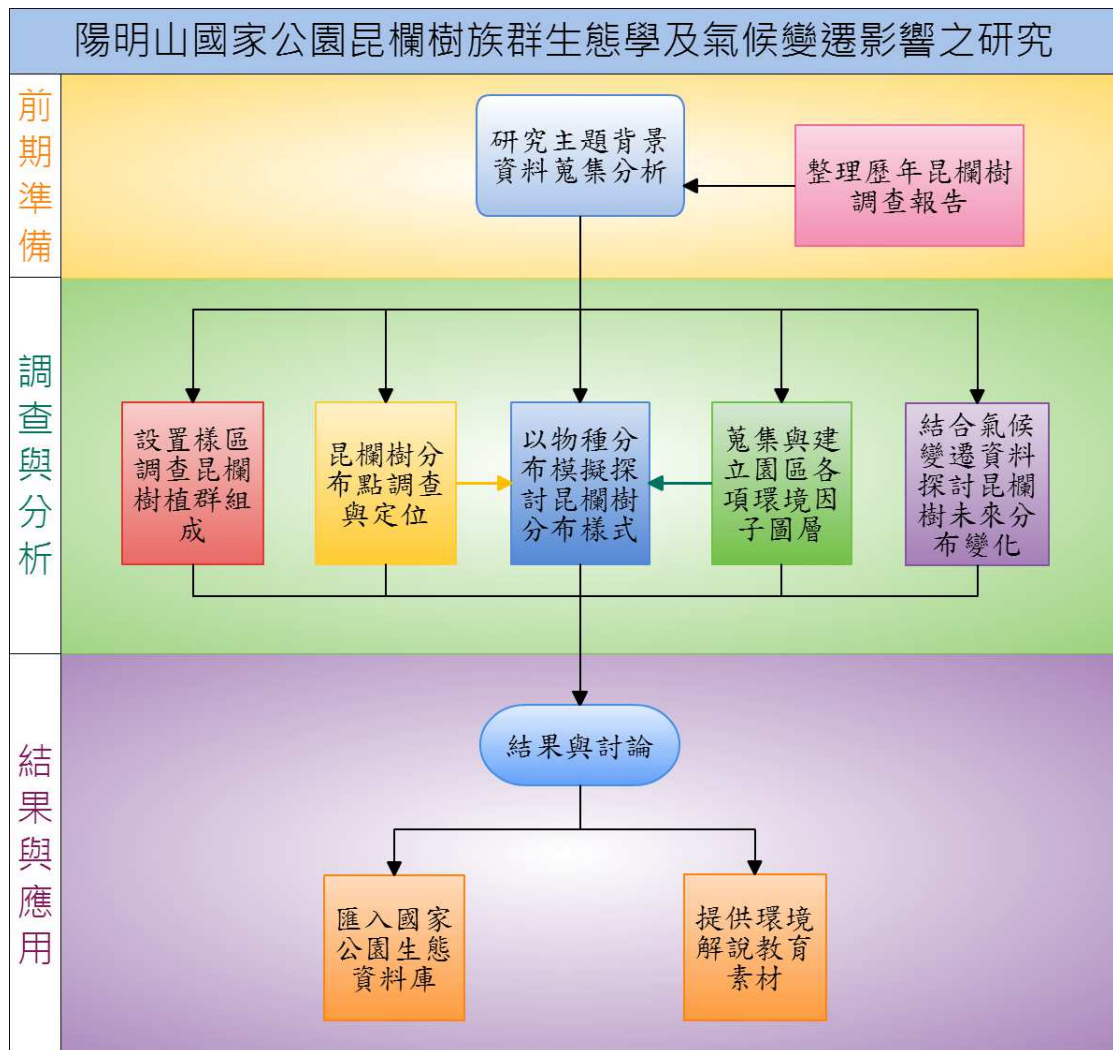


圖 2-1 本計畫配合工作項目及預期成果所規劃之調查及研究流程(資料來源：本研究)

第一節 研究主題背景蒐集分析及相關研究之回顧

首先收集研究區有關之基本環境資料，包括地理位置、地形、氣候、地質、交通概況等；另外，蒐集對前人歷年來於陽明山國家公園範圍內之植物相關研究報告，整理出目前已知之昆欄樹分布地點及相關的植群概況。

第二節 設置樣區調查昆欄樹植群組成

本計畫選擇於有昆欄樹分布之處設置調查樣區，採用多樣區法(multiple plot method)之集落樣區設置法(contagious quadrant method)，樣區之設置主要考慮林相與植物社會組成等。樣區大小原則上為 $25\text{ m} \times 10\text{ m}$ ，由 10 個 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 之小區組成，調查時將植物分喬木層(overstory)及地被層(understory)，凡樣區內之胸高直徑(diameter at breast height, DBH)大於 1 cm 者，列入喬木層，逐株量記其胸高直徑、記錄種類；其他胸高直徑小於 1 cm 之樹種及草本、蕨類等維管束植物，則列為地被層，記錄種類及其覆蓋度(coverage)。將調查資料進行編碼，計算樣區中各植物之重要值指數(importance value index, IVI)，並以 PC-ORD 6.0 軟體進行雙向矩陣群團分析(two-way cluster analysis) (McCune & Mefford 2011)等分析，以同時瞭解昆欄樹植群之組成。

第三節 昆欄樹分布點調查及定位

全面調查陽明山國家公園園區內之昆欄樹分布地點，並以具全球定位系統(Global Positioning System, GPS)之相機加以拍攝記錄，在拍照亦將同時完成 GPS 定位；將所有昆欄樹影像攜回實驗室後，利用 GeoSetter 共享軟體(下載網址 <http://www.geosetter.de/en/>)來讀取昆欄樹相片之 EXIF 資訊，並擷取昆欄樹分布點之經度、緯度、海拔高程等資訊，除了充實陽明山國家公園「自然資源資料庫系統」、「3D 導覽平臺系統」之外，也能提供管理處做為後續相關應用之參考。另外，本計畫也將嘗試從全球生物多樣性資訊機構(Global Biodiversity Information Facility,

GBIF)擷取世界已數位化之昆欄樹標本的座標資訊，目前已查詢 GBIF 之昆欄樹記錄共有 1551 筆，其中有 882 筆具有地理座標，但其中有些標本之座標可能有誤，或來自於非原產地之植物園。對本計畫而言，這些昆欄樹分布點位資料將做為物種分布模擬的物種分布點資料(species occurrence data)。

第四節 蒐集及建立園區各項環境因子圖層

物種分布模擬所需之資料，除上述之昆欄樹分布點資料外，尚需找出影響昆欄樹生育分布的環境因子，且這些環境變數需為全面性的網格資料。本計畫預計蒐集及建立 50 項以上之環境變數圖層，未來可能應用之環境變數臚列於附表一。

在儘可能蒐集與物種分布可能有關的環境變數之後，接下來之挑戰為如何選擇及減少真正應用於 SDM 的變數，以避免過度參數化(over-parameterization for process-based model)及多重共線性(multi-collinearity for correlative model) (Guisan & Zimmermann 2000; Tyberghein et al. 2012)，雖然共線性在生態資料上是一個普遍的現象(Mac Nally 2002)，我們必須儘可能減少環境變數的數目，因為若有愈多變數，則變數間愈可能相關、其中某變數愈可能對 SDM 有偽貢獻(Dormann 2011)，多重共線性變數也容易對 SDM 過度擬合(over-fitting) (Peterson et al. 2007)。目前處理環境預測變數之共線性問題，有些以主成分分析(principal component analysis)來解決(e.g. Raes et al. 2009)，然其結果將不易解釋，有些研究通過先期試驗分析後，僅保留貢獻度較高的變數於最終的 SDM (e.g. 5%, Young 2010)，但最簡單且普遍被使用的方法是以兩兩變數間的 Pearson 相關係數(r)來避免變數的共線性或無鑑別度(non-identifiability)，亦即對高度相關的環境變數進行刪減，至於以多高的 $|r|$ 來當做閾值則依研究者主觀定之，如 $|r| > 0.9$ 者(Randin et al. 2009)、 $|r| > 0.8$ 者(Díaz-Gómez et al. 2013)、 $|r| > 0.7$ 者(Fischera et al. 2011)。為鑑別出冗餘的環境變數，Williams et al. (2012)認為其過程須同時包含：(1)先驗的生態考慮(a priori

ecological considerations)；(2)每一環境變數之來源與準確度；(3)察覺變數之間的關係；(4)以統計嚴密測試不同變數組合的效用。此外，應用環境變數於 SDM 之初，須先對所有環境變數對被模擬的目標物種之生態意義仔細審視，正確的生態知識應用於環境變數之預選，將有助於降低 SDM 之成本及誤差(Franklin 2009; Austin & Van Niel 2011; Dormann 2011; Watling et al. 2012; Williams et al. 2012)。

第五節 以物種分布模擬探討昆欄樹分布樣式

本計畫預計以 MaxEnt 進行昆欄樹之分布模擬，以瞭解各環境變數之貢獻度及大致的昆欄樹分布機率圖，經過初步的試驗性分析後，接著將利用 BIOMOD2 平臺，同時完成 10 種 SDM 方法之昆欄樹分布模擬。

模擬準確度評估採用非閾值依賴評估(threshold-independent evaluation)，亦即計算接收者操作特徵曲線下面積(Area Under the receiver operating characteristic Curve, AUC; Fielding & Bell 1997; Thuiller 2003)，依據 Swets (1988)及 Araújo et al. (2005)之建議，可將比較物種出現之實測值與模擬值之間的 AUC 分為 5 級， $AUC > 0.9$ 表示模擬成效為傑出(excellent)、 $AUC = 0.8 \sim 0.9$ ：良好(good)、 $AUC = 0.7 \sim 0.8$ ：尚可(fair)、 $AUC = 0.6 \sim 0.7$ ：低劣(poor)、 $AUC = 0.5 \sim 0.6$ ：失敗(fail)。

第六節 結合氣候變遷資料探討昆欄樹未來分布變化

欲探討昆欄樹未來在氣候變遷下的分布變化，首先須有未來氣候變遷情境(scenario)的圖層資料，本計畫預計採用目前全球廣泛使用的 WorldClim 資料庫(Hijmans et al. 2005)，依據政府間氣候變化專門委員會(The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第 4 次評估報告(Fourth Assessment Report, AR4; <http://www.ipcc.ch/>)所得之不同氣候變遷情境，來模擬昆欄樹未來分布，並探討昆欄樹受氣候變遷之變化。

第七節 充實自然資源資料庫系統

本計畫所完成之昆欄樹植群樣區調查資料，以及數位攝影與 GPS 定位等工作，相關資訊將匯入陽明山國家公園自然資源資料庫系統，預計於計畫期間可增加調查資料總筆數至少 2000 筆，及昆欄樹定位點至少 200 點以上，並將於研究成果中提供 1000 萬畫素以上之相片至少 50 張。





第三章 研究發現

第一節 昆欄樹之前人研究整理

本計畫已蒐集前人歷年來於陽明山國家公園範圍內之植物相關研究報告，區分為(一) 昆欄樹之形態特徵與分類地位、(二) 昆欄樹之全球分布、(三) 昆欄樹在臺灣之分布與植群研究、(四) 昆欄樹之遺傳研究、(五) 昆欄樹與氣候之關係、(六) 昆欄樹之其他研究等項目整理於前述之研究回顧中，其中較為重要之訊息如下：

1. 由於昆欄樹木材欠缺導管，在早期被認為是最古老的樹種之一，但在近年的 APG III (2009)分類系統中，不再被認為是一個原始的分類群(附錄一)。
2. 昆欄樹在地質年代曾廣泛的分布於北半球，現今僅分布於東亞，並以臺灣之數量最多。
3. 昆欄樹之水平分布，北起金山、馬槽，南至恆春半島的里龍山，垂直分布在北部地區約海拔 500~2000 m，中部山區約 1700~2700 m，南部地區則分布在 950~2500 m
4. 昆欄樹主要出現於針闊葉混合林帶及櫟林帶，在東北氣候區內，昆欄樹常與豬腳楠共同出現，並可下降至楠櫟林帶。
5. 遺傳研究結果推測，臺灣之昆欄樹可能是由日本經由琉球而移入；而在臺灣島內，中部的族群累積較多遺傳變異及具有較多的古老的祖先型，推測可能是冰期時昆欄樹族群的避難所。
6. 昆欄樹是海洋氣候區的特有樹種，在臺灣之昆欄樹分布與雲霧帶之出現關係密切，常被認為是雲霧盛行帶的指標物種。
7. 許多報告指出陽明山之昆欄樹的分布海拔較臺灣中部降低許多，亦即所謂的「北降現象」，然此並無足夠的昆欄樹分布數據來證明。
8. 昆欄樹在臺灣之中海拔山區為一常見樹種，但除了陽明山國家公園外，尚未記錄其他區域有昆欄樹之純林。

第二節 昆欄樹之植群調查

昆欄樹植物社會樣區之調查，擇取於昆欄樹族群數量較多之處設置樣區，總計共調查 31 個樣區，其分布位置如圖 3-1 所示。於樣區調查內共記錄維管束植物 100 科 212 屬 313 種，其中蕨類植物 24 科 39 屬 65 種，裸子植物 2 科 2 屬 2 種，雙子葉植物 66 科 141 屬 202 種，單子葉植物 8 科 30 屬 44 種，植物名錄詳見附錄二，名錄所使用之學名主要係依據 Flora of Taiwan 第二版 (Huang *et al.* 2003)。各樣區之基本資料如表 6，其中，海拔介於 495-840 m，坡度介於 1-30°，坡向為 5-91°、184-355°，全天光空域介於 43.80-70.32%。為瞭解樣區內的喬木層與地被層植物組成，將樣區進行雙向矩陣群團分析 (two-way cluster analysis; 圖 3-2)，參照各樣區連結之訊息維持度 (information remaining)，可將喬木層分為豬腳楠林型 (*Machilus thunbergii* type) 與昆欄樹林型 (*Trochodendron aralioides* type)，各植物學名縮寫對照表如附錄三。

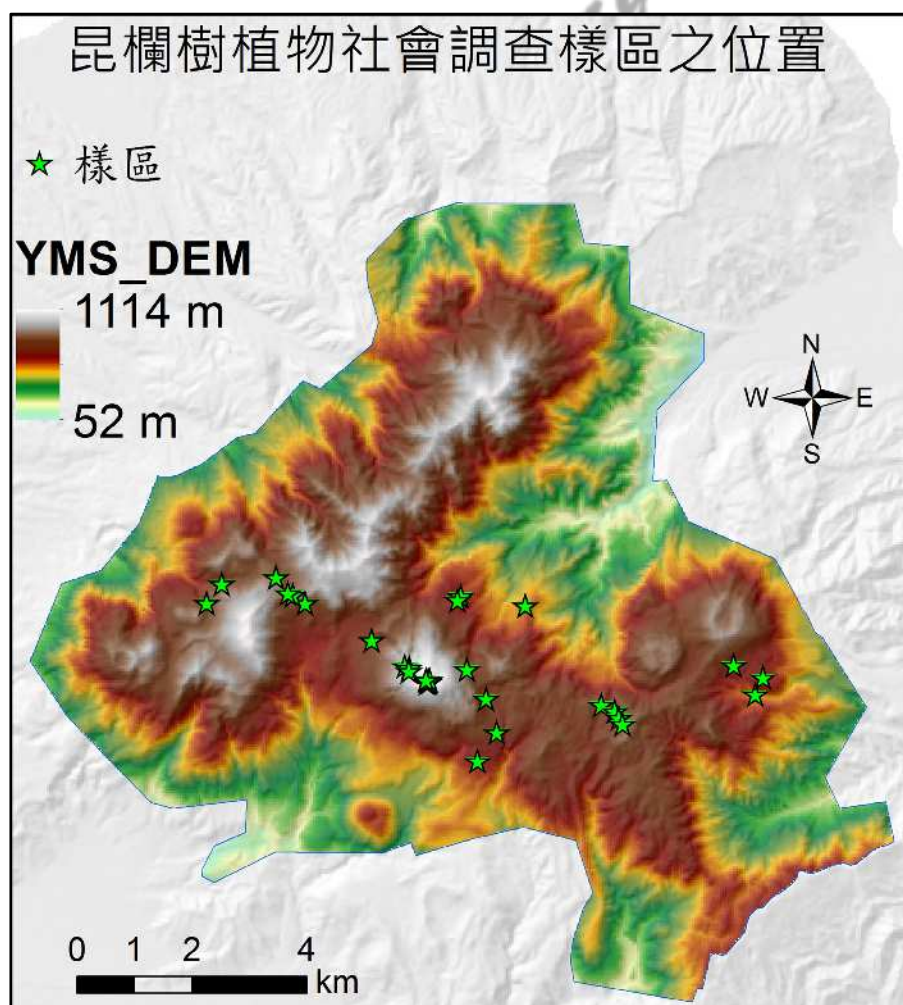


圖 3-1 昆欄樹植物社會調查樣區之位置圖(資料來源：本研究)

表 3-1 陽明山昆欄樹植物社會調查樣區之基本資料

樣區編號	海拔高度(m)	坡度(°)	坡向(°)	全天光(%)	土壤 pH
TA1	750	1.0	234	61.65	5.37
TA 2	632	11.0	5	58.03	5.28
TA 3	838	14.0	60	70.32	6.15
TA 4	833	14.0	43	60.86	5.58
TA 5	840	13.0	34	69.10	5.48
TA 6	756	12.0	10	60.84	5.60
TA 7	729	25.0	347	43.80	6.65
TA 8	724	30.0	355	58.50	7.12
TA 9	818	18.0	355	65.13	6.31
TA 10	739	20.0	50	66.46	5.38
TA 11	495	3.0	293	46.76	5.09
TA 12	670	7.0	25	57.76	4.73
TA 13	724	6.0	91	50.68	5.19
TA 14	649	3.0	184	44.67	4.94
TA 15	973	27.0	284	76.75	5.73
TA 16	1000	33.0	192	62.22	5.97
TA 17	1020	34.0	323	83.05	6.08
TA 18	1053	13.0	60	62.57	5.48
TA 19	1055	13.0	57	61.37	5.43
TA 20	1053	17.0	61	59.46	5.66
TA 21	1056	19.0	55	57.83	5.51
TA 22	1051	16.0	59	60.45	5.73
TA 23	1049	12.0	62	61.78	5.36
TA 24	1053	15.0	60	58.26	5.58
TA 25	780	26.0	20	70.46	5.14
TA 26	795	24.0	23	79.02	5.07
TA 27	814	20.0	275	77.58	5.32
TA 28	822	20.0	283	76.43	5.74
TA 29	548	16.0	67	64.17	5.96
TA 30	683	22.0	79	58.32	5.84
TA 31	794	26.0	55	57.65	6.06

(資料來源：本研究)

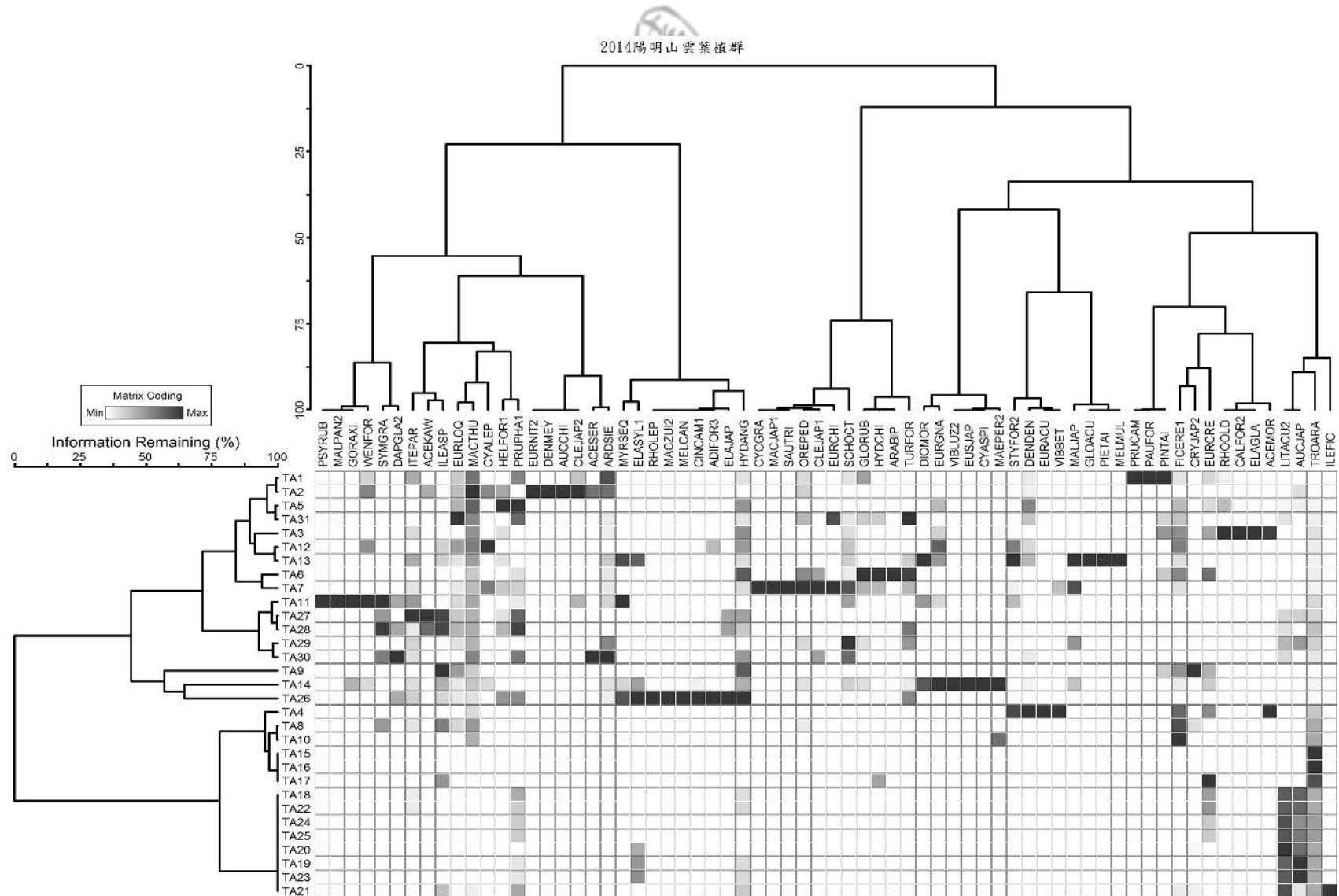


圖 3-2 陽明山昆欄樹植物樣區喬木層之雙向群團分析結果樹形圖(資料來源：本研究)

1. 豬腳楠林型

本型共調查 TA1-3、5-7、9、12-14、26、29-31 等 14 個樣區，其中分布海拔為 495-838 m，樣區坡度為 1-25°，全天光空域為 43.8-79.0%，坡向為東北至北，水分梯度為 1-15，樣區內林冠層以豬腳楠為最主要的組成，小喬木灌木層則以昆欄樹、樹杞、厚葉柃木、長梗紫麻、江某、小花鼠刺與臺灣樹參為主要組成，在地被層方面則有狹瓣八仙花及臺灣山桂花稚苗散布其中，並伴生草本則以申跋、白背芒、姑婆芋、赤車使者、包籜矢竹及竹葉草為多，蕨類植物則為粗毛鱗蓋蕨、雙扇蕨、觀音座蓮、裡白及斜方複葉耳蕨等較為廣布(表 3-2)。

表 3-2 豬腳楠林型之環境狀況及植物相主要組成

代表性樣區		TA1-3、5-7、9、12-14、26			
環境概況	海拔高(m)	坡度(°)	全天光空域(%)	坡向(°)	水分梯度
	495-838	1-25	43.8-79.0	5-355	1-15
主要植物組成	林冠層	豬腳楠			
	小喬木灌木層	昆欄樹、樹杞、厚葉柃木、長梗紫麻、江某、小花鼠刺、臺灣樹參、臺灣二葉松、木苧麻			
	草本層	粗毛鱗蓋蕨、觀音座蓮、斜方複葉耳蕨、白背芒、姑婆芋、赤車使者、狹瓣八仙花、包籜矢竹、竹葉草、臺灣山桂花、山月桃、雙扇蕨、臺灣牛彌菜、裡白、短角冷水麻、山菊、申跋			

(資料來源：本研究)

2. 昆欄樹林型

本型共調查 TA4、8、10、11、15-25、27-28 等 17 個樣區，其中分布海拔為 724-1056 m，樣區坡度為 14-34°，全天光空域為 58.5-76.5%，坡向為 43-355°，水分梯度為 3-10，樣區內林冠層以昆欄樹、豬腳楠為最主要的組成，小喬木灌木層則以牛奶榕、墨點櫻桃、樹杞、九節木、小花鼠刺及烏皮九芎為主要組成，在地被層方面則有臺灣桫欏、江某及臺灣山桂花稚苗散布其中，並伴生有風藤等藤本植物，草本則以火炭母草、赤車使者、山月桃為多，蕨類植物則為雙扇蕨等較為廣布(表 3-3)。

表 3-3 昆欄樹林型之環境狀況及植物相主要組成

代表性樣區		TA4、8、10、11、15-25、27、28			
環境概況	海拔高(m)	坡度(°)	全天光空域(%)	坡向(°)	水分梯度
	724-1056	14-30	58.5-66.5	43-355	3-10
主要植物組成	林冠層	昆欄樹、豬腳楠			
	小喬木灌木層	牛奶榕、樹杞、墨點櫻桃、東瀛珊瑚、九節木、小花鼠刺、烏皮九芎、俄氏虎皮楠、大葉灰木、臺灣山香圓、野鴨椿			
	草本層	臺灣桫欏、江某、臺灣山桂花、風藤、赤車使者、山月桃、雙扇蕨			

(資料來源：本研究)

3. 昆欄樹純林

在上述昆欄樹林型中之 TA18-24 等 7 個樣區為昆欄樹之純林，由圖 3-3 現地之相片中可佐證當地屬於雲霧盛行之環境。此片昆欄樹純林位於七星山主峰下方凹地，約估面積為 11012 m² (圖 3-4)，其組成分子以昆欄樹佔絕對優勢，在本計畫所設置的 7 個面積 250 m² 樣區中共記錄 151 株昆欄樹，平均單位株數為 863 株/ha。表 2-3 為以胸高直徑 5 cm 為一徑階之昆欄樹徑級分布，其徑級分布圖如圖 3-5，株數較多者為 11-15 cm 有 42 株、16-20 cm 有 32 株，而 1-5 cm 僅有 1 株，46-50 cm 僅有 2 株，因此由表 3-3、圖 3-5 可知，昆欄樹之老熟林木至幼齡木均可在此區域中發現，然獨缺小苗，顯示其早期天然更新良好，但可能因森林逐漸鬱閉，昆欄樹小苗需光量較大而無法於林內天然更新，故地被層無發現昆欄樹小苗。然在此片純林之外圍開闊處，地被轉以包籐矢竹及芒草為主，在地表裸露處仍可見少數幾株昆欄樹小苗 (圖 3-6)。

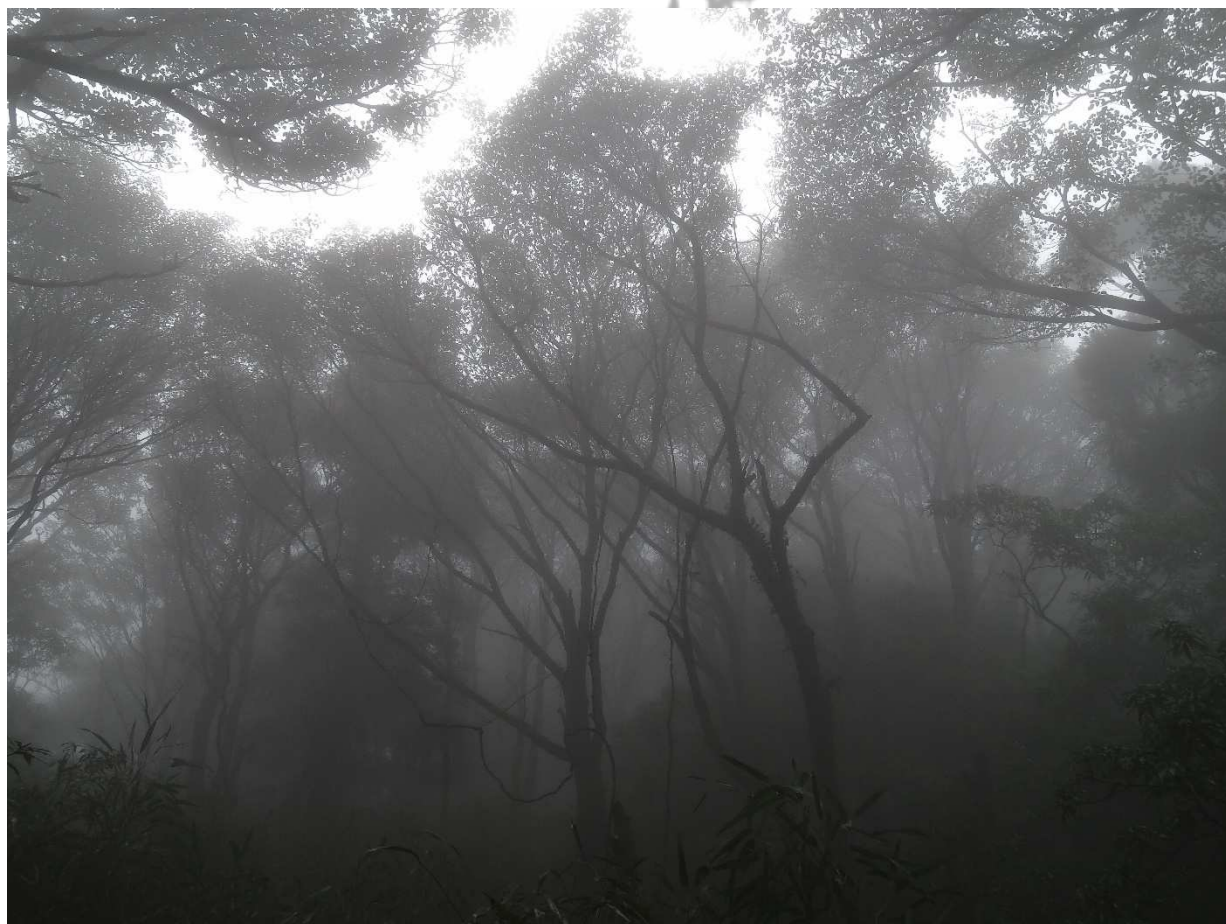


圖 3-3 七星山南側凹地具有優勢度極高的昆欄樹純林，屬於雲霧盛行之環境 (資料來源：本研究)



圖 3-4 七星山南側凹地昆欄樹純林之航照圖，純林周圍以矢竹及芒草為主
(資料來源：本研究)

表 3-4 陽明山地區昆欄樹優勢上木樣區 TA18-24 之徑級分布

徑級(cm)	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	46-40	41-45	46-50	小計
昆欄樹	1	13	42	32	10	24	11	14	2	2	151

(資料來源：本研究)

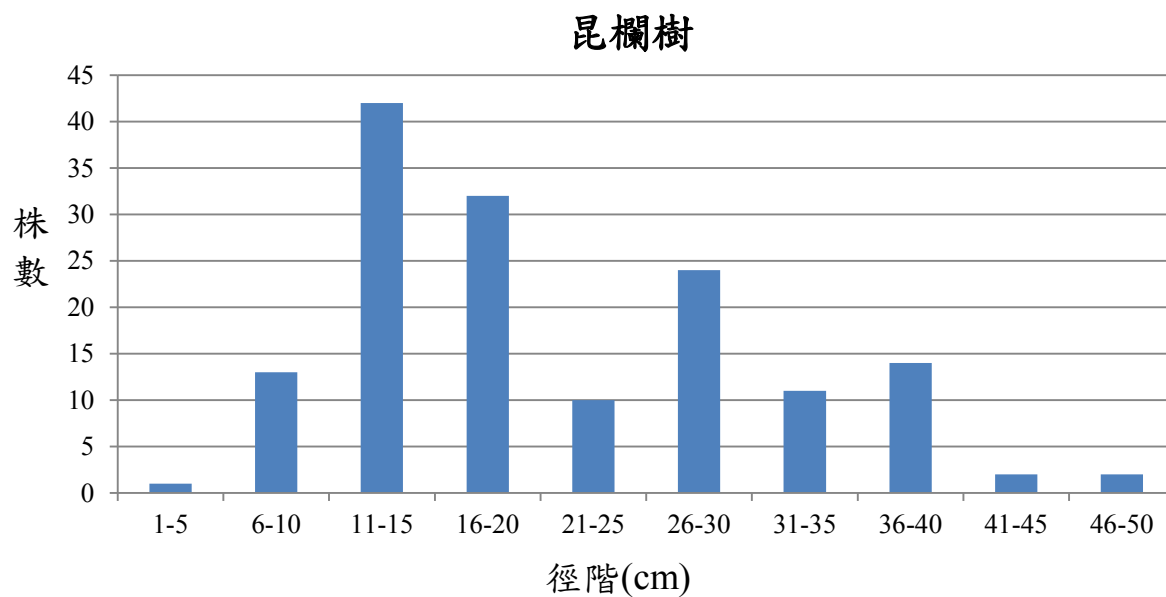


圖 3-5 陽明山地區昆欄樹優勢上木樣區 TA18-24 之徑級分布圖(資料來源：本研究)



圖 3-6 昆欄樹純林附近之較開闊的裸露地所發現的昆欄樹小苗(資料來源：本研究)

第三節 昆欄樹分布點之調查及定位

本計畫利用具全球定位系統(Global Positioning System, GPS)之相機，全面調查陽明山國家公園園區內之昆欄樹分布地點，在拍攝記錄時亦同時完成 GPS 定位。

本計畫總計共完成 1981 張昆欄樹之攝影及定位，將所有昆欄樹影像攜回實驗室後，利用 GeoSetter 共享軟體讀取昆欄樹相片之 EXIF 資訊，並擷取昆欄樹分布點之經度、緯度、海拔高程等資訊。

除實地定位昆欄樹之分布外，本計畫也搜尋臺灣生物多樣性資訊機構(Taiwan Biodiversity Information Facility, TaiBIF)資料庫、植群多樣性調查及製圖計畫(Taiwan Vegetation Diversity Inventory and Mapping Project, Chiou et al. 2009)資料庫以及研究團隊過去之植群調查記錄，計可得 1051 點之昆欄樹分布點，再加上前述本計畫實地所拍攝及定位之 1981 點昆欄樹分布點位，共計獲得 3032 點昆欄樹分布點位，將其標示於臺灣數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)之結果如圖 3-7 所示，同時將 3032 點昆欄樹分布點位轉換為 Google Earth 之鎖孔標記語言(Keyhole Markup Language, KML) (圖 3-8)，即可快速簡易瞭解昆欄樹在臺灣之分布。對本計畫而言，這些昆欄樹分布點位資料將做為物種分布模擬的物種分布點資料(species occurrence data)。另外，在陽明山國家公園境內之昆欄樹分布點，如圖 3-9 所示，於計畫完成後提供匯入陽明山國家公園自然資源資料庫中。

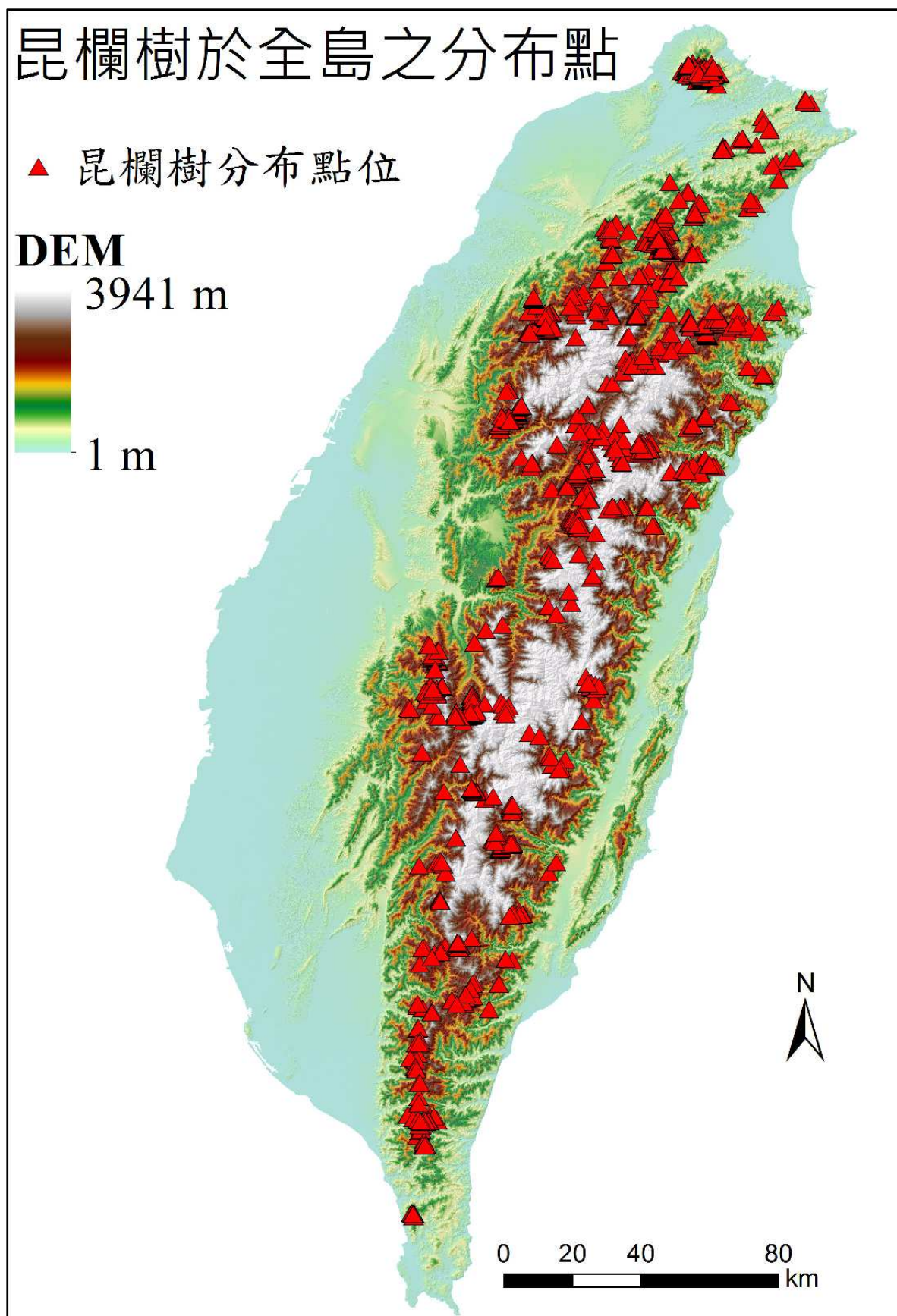


圖 3-7 昆欄樹標示於臺灣數值高程模型之空間分布點(資料來源：本研究)

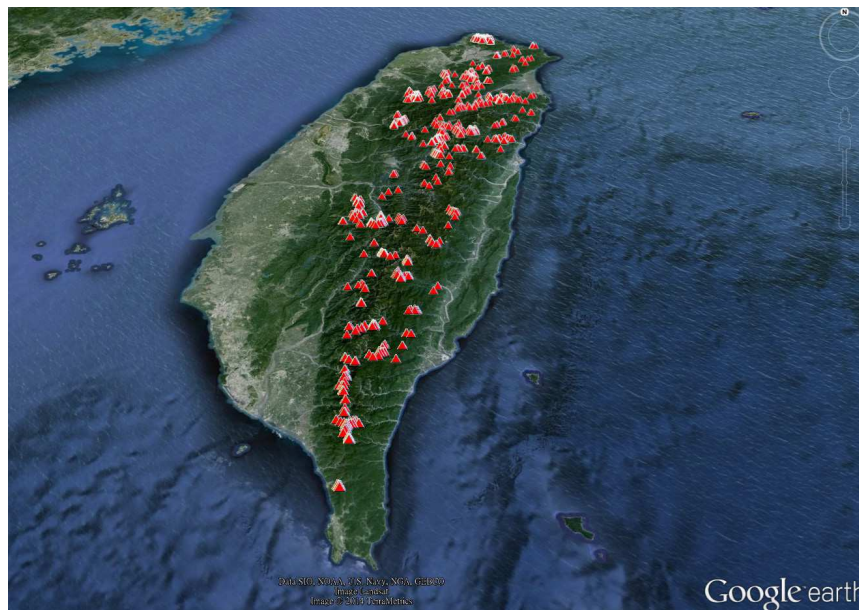


圖 3-8 昆欄樹標示於 Google Earth 之空間分布點(資料來源：本研究)

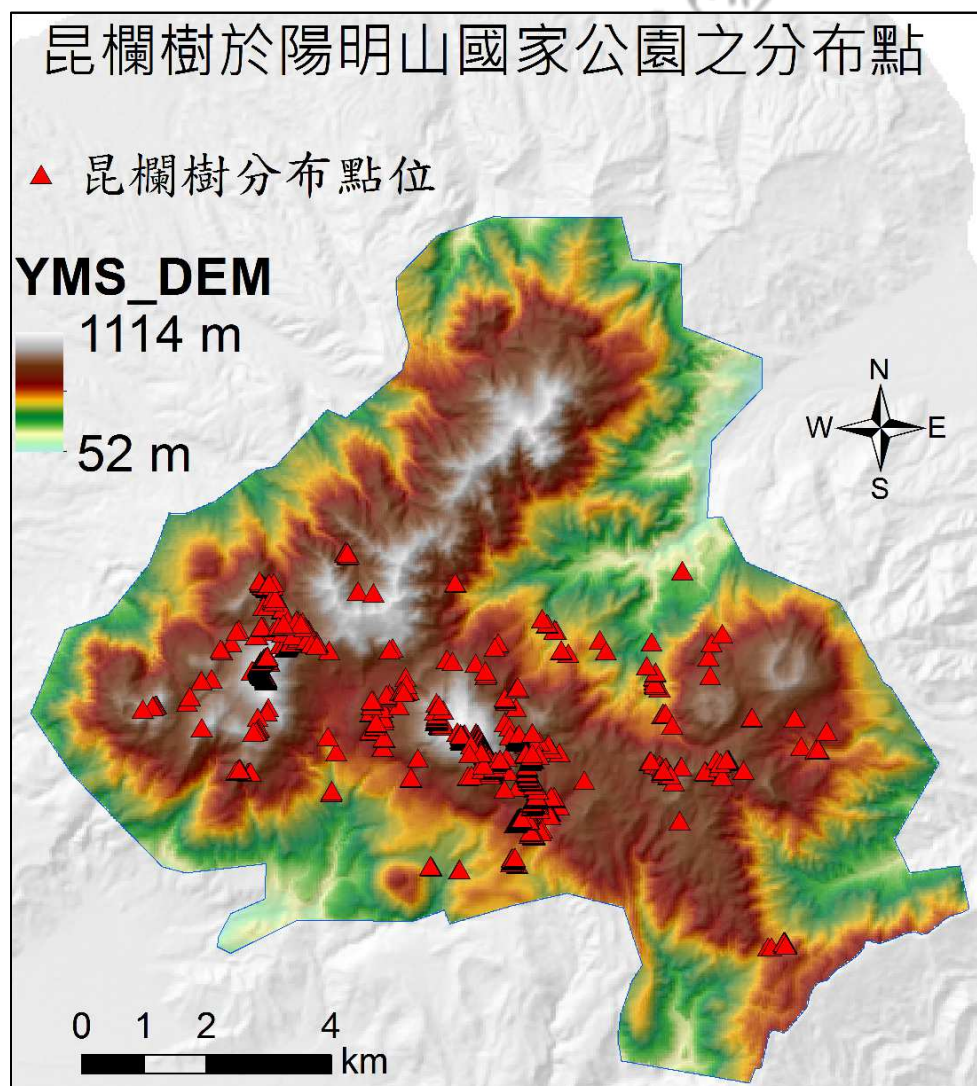


圖 3-9 昆欄樹於陽明山國家公園境內之分布點(資料來源：本研究)

除了臺灣以外，昆欄樹亦分布在日本，但只是十分零星的出現於山地森林中(Walker 1976)，Andrews (2009)記載昆欄樹於日本之分布北界約至北緯32度，生長在溫帶雨林(temperate rainforests)之中，海拔高介於600~1700 m，但從全球生物多樣性資訊機構(GBIF)之資料顯示，目前昆欄樹分布之最高緯度可達到北緯36度34秒，海拔約900 m之山區(圖3-10)。

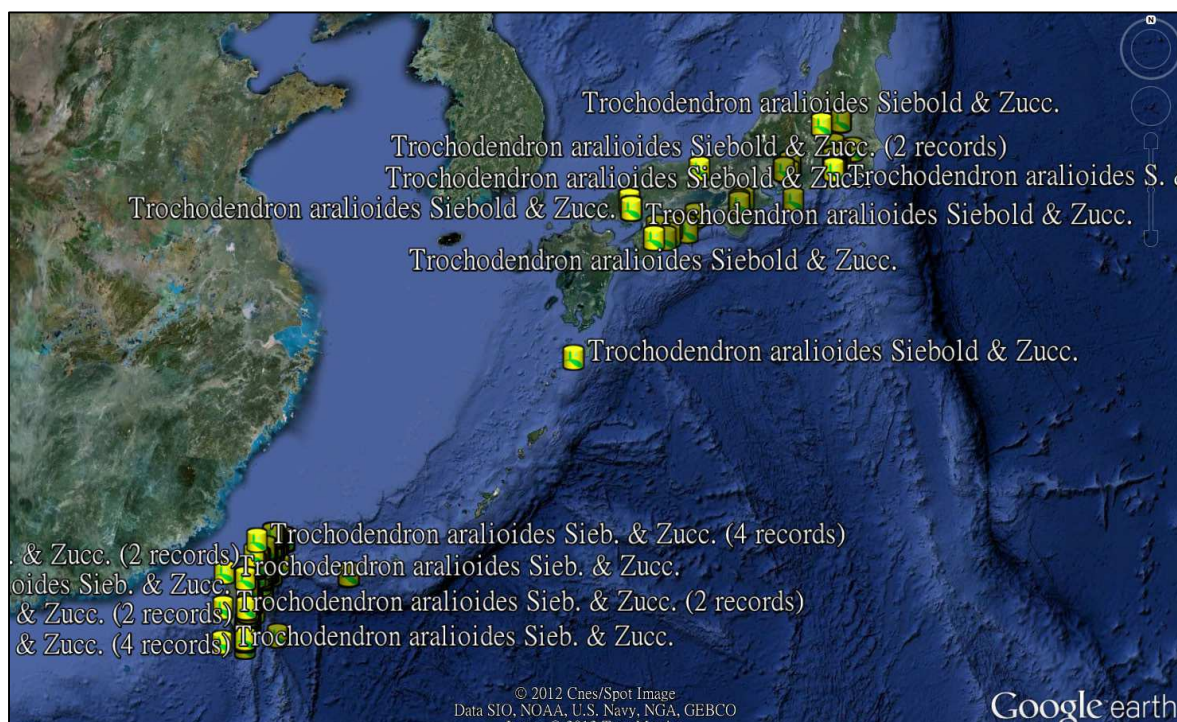


圖 3-10 昆欄樹於全球之分布點(資料來源：GBIF)

綜合上述昆欄樹在臺灣之分布點資料，可知昆欄樹最主要的分布區域位於 1000~2500 m 中海拔山區(圖 3-7、圖 3-8)，但在陽明山則於海拔 500~1000 m 即相當常見(圖 3-9)。為瞭解昆欄樹於陽明山是否具有「北降現象」，本計畫實地前往臺灣山區進行昆欄樹分布之定位，以下依地點之北→南加以說明：

1. 陽明山國家公園：由本計畫實際以 GPS 相機拍攝定位之資訊顯示，在陽明山園區內於臺 2 甲省道往金山方向之海拔 345 m 處，即有昆欄樹出現(TWD97 座標：308782, 2786137)，園區內昆欄樹分布最高者出現於大屯山海拔 1086 m 處(TWD97 座標：302614, 2785563)。
2. 大鹿林道至樂山林道：在新竹縣大鹿林道至樂山林道上，共記錄 134 處昆欄樹，其分布最低點於海拔 1088 m 處(TWD97 座標：259627, 2713805)，分布最高點於海拔 2473 m 處(TWD97 座標：257368, 2710772)。
3. 大雪山林道：在東勢~小雪山之大雪山林道，共記錄 64 處昆欄樹，其分布最低點於海拔 1966 m 處(TWD97 座標：247874, 2680481)，分布最高點於海拔 2907 m 處(TWD97 座標：253925, 2687693)。
4. 臺 14 甲省道：在埔里~合歡山之臺 14 甲省道，共記錄 18 處昆欄樹，其分布最低點於海拔 2132 m 處(TWD97 座標：267567, 2664901)，分布最高點於海拔 2795 m 處(TWD97 座標：274902, 2668197)。
5. 新中橫公路：在水里往塔塔加之新中橫公路(臺 18-21 省道)上，共記錄 70 處昆欄樹，其分布最低點於海拔 2002 m 處(TWD97 座標：239698, 2603632)，分布最高點於海拔 2782 m 處(TWD97 座標：238733, 2597094)。

為了提供更多昆欄樹在陽明山園區內具有北降現象的科學證據，比較上述昆欄樹於陽明山國家公園與大鹿林道至樂山林道、大雪山林道、臺 14 甲省道、新中橫公路之分布資料，以及圖 3-11 昆欄樹之分布海拔的比較圖可知，昆欄樹於臺灣北部之陽明山確實具有「北降現象」。

另為了瞭解昆欄樹在全臺灣之分布，利用本計畫已蒐集之昆欄 3032 點位，以各點位之 TWD97 二度分帶之 Y 座標為 X 軸(亦即由南→北)，以各點位之海拔高為 Y 軸來繪製散布圖(scatter plot, 如圖 3-12)，即可清楚看出，昆

欄樹之分布海拔在臺灣中部最高，並往南北端降低，特別是臺灣北部(陽明山國家公園)具有臺灣分布海拔最低的昆欄樹，且其被記錄到族群數量亦較其他區域為多。

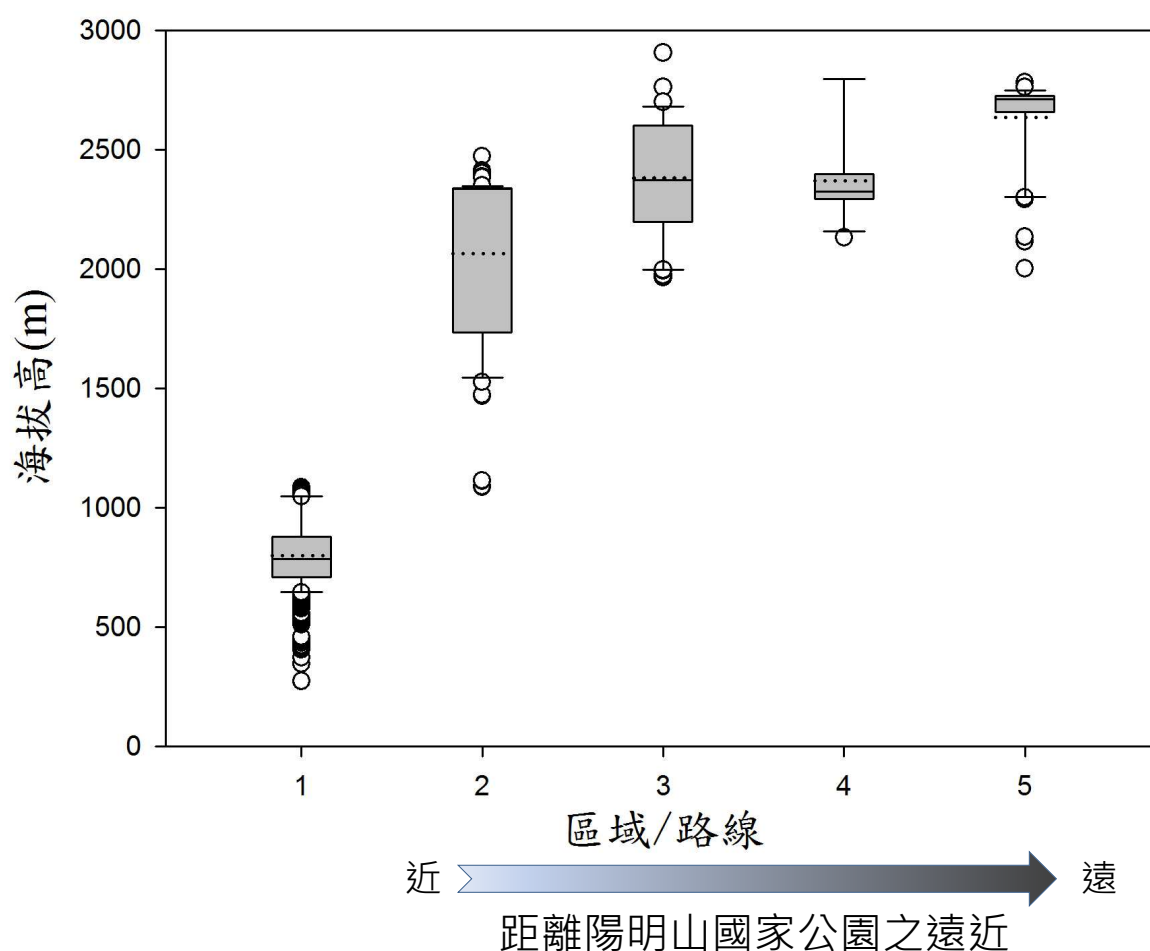


圖 3-11 昆欄樹之分布海拔的比較：1.陽明山國家公園、2.大鹿林道-樂山林道、3.大雪山林道、4.臺 14 甲省道、5. 新中橫公路(資料來源：本研究)

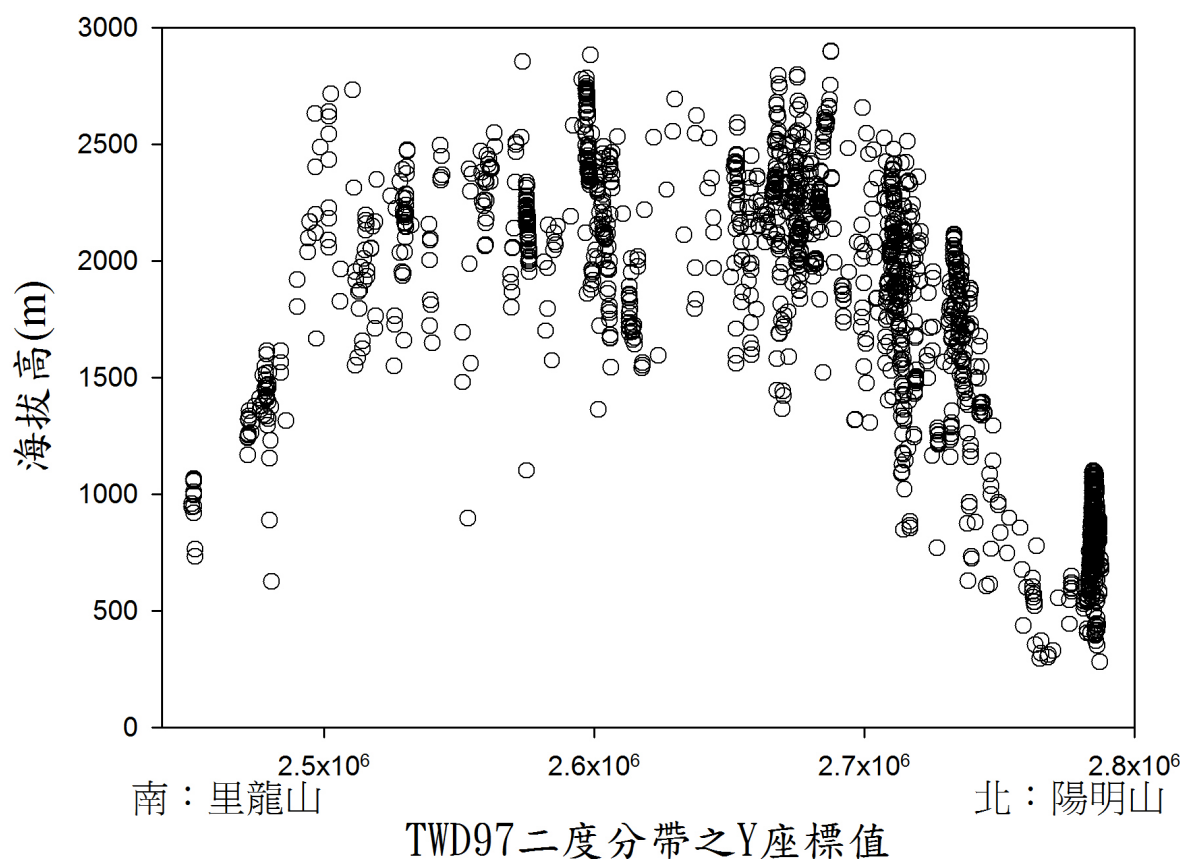


圖 3-12 昆欄樹點位於南北向、海拔高之散布圖(資料來源：本研究)

相較臺灣其他區域，昆欄樹在陽明山雖然是一常見樹種，但並非整個陽明山國家公園轄區內均有昆欄樹之分布。針對本計畫實地記錄園區內昆欄樹之分布調查結果，茲簡要整理如下：

- (1)在陽明山國家公園境內，昆欄樹在七星山、二子坪、中湖戰備道等地較常出現(圖 3-9)；
- (2)特別是七星山南側凹地具有優勢度極高的昆欄樹純林(圖 3-4)，此為目前在臺灣，甚至是全世界唯一被記錄的昆欄樹純林；
- (3)由故宮方向走萬溪產業道路，於風櫃嘴之前並未發現昆欄樹，僅在風櫃嘴往萬里方向，才出現少量的昆欄樹，其後隨海拔降低即無昆欄樹出現；
- (4)在陽明書屋、紗帽山、龍鳳谷等地，完全沒有昆欄樹之出現；
- (5)在二子坪附近雖亦常見昆欄樹，但多與其他樹種混生，而不似七星山下方凹地之昆欄樹純林形相。

第四節 各項環境因子圖層之建立

為瞭解昆欄樹之環境因子及進一步模擬其分布所須資料，須建立園區內各項環境因子網格圖層，可參考 Chiu et al. (2009)所建立之各月降水、溫度、溫濕指標、全天光空域、地形指標等網格圖層，圖 3-13 為陽明山國家公園園區之溫濕指標(warmth index, WI)圖層、複合地形指標(compound topographic index, CTI)圖層。

然為比較昆欄樹在陽明山及全臺之分布，有必要建立全臺灣之環境因子圖層，同時考量未來進行氣候變遷對昆欄樹影響之探究，因此參考 Pliscoff et al. (2014)、Porto et al. (2013)等報告，採用目前全球廣泛使用的 WorldClim 資料庫(<http://www.worldclim.org/>, Hijmans et al. 2005)，擷取全臺灣之生物氣候變數(bioclimatic variables)圖層，包括 BIO1 = Annual Mean Temperature (年均溫)、BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp)) (平均溫度月較差)、BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100) (熱量等值性)、BIO4 = Temperature Seasonality (溫度季節性)、BIO5 = Max Temperature of Warmest Month (最暖月最高溫)、BIO6 = Min Temperature of Coldest Month (最冷月最低溫)、BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6) (溫度全年波動範圍)、BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter (最濕潤季均溫)、BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter (最乾燥季均溫)、BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter (最暖季均溫)、BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter (最冷季均溫)、BIO12 = Annual Precipitation (年降水量)、BIO13 = Precipitation of Wettest Month (最濕潤月降水量)、BIO14 = Precipitation of Driest Month (最乾燥月降水量)、BIO15 = Precipitation Seasonality (降水季節性)、BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter (最濕潤季降水量)、BIO17 = Precipitation of Driest Quarter (最乾燥季降水量)、BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter (最暖季降水量)、BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter (最冷季降水量)，同時採用其最細之空間網格解析度 30 秒(second, 約 833 m)。圖 3-14 為 BIO1、BIO4、BIO12、BIO15 等可用來模擬昆欄樹之潛在分佈的現今環境氣候圖層。

而對於未來氣候變遷之情況，政府間氣候變遷專門委員會

(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)已於 2013 年公布氣候變遷第五次評估報告(<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>, Fifth Assessment Report, AR5), AR5 採用四種代表濃度路徑(Representative Concentration Path, RCP): RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5, 分別代表在 21 世紀末, 人為溫室效應為 2.6、4.5、6.0、8.5 W m^{-2} , 二氧化碳濃度則分別為 421、538、670、936 ppm, 與氣候變遷第四次評估報告(AR4)相比, 觀測資料較多, 模式有明顯改進。2007 年以後的新的研究, 更加確認暖化的狀況持續發生以及人為因素對 20 世紀中以來暖化的影響(科技部 2014)。為與現今氣候環境下之昆欄樹分布相比較, 本計畫仍以目前最為精細的 WorldClim 資料庫來取得未來氣候變遷情境資料; 模擬之未來氣候時間為 2050 (2041-2060)年, 採用美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)之 CCSM4 模型, 圖 3-15 為 BIO1、BIO4、BIO12、BIO15 等可用來模擬昆欄樹之潛在分佈的 2050 年環境氣候圖層。

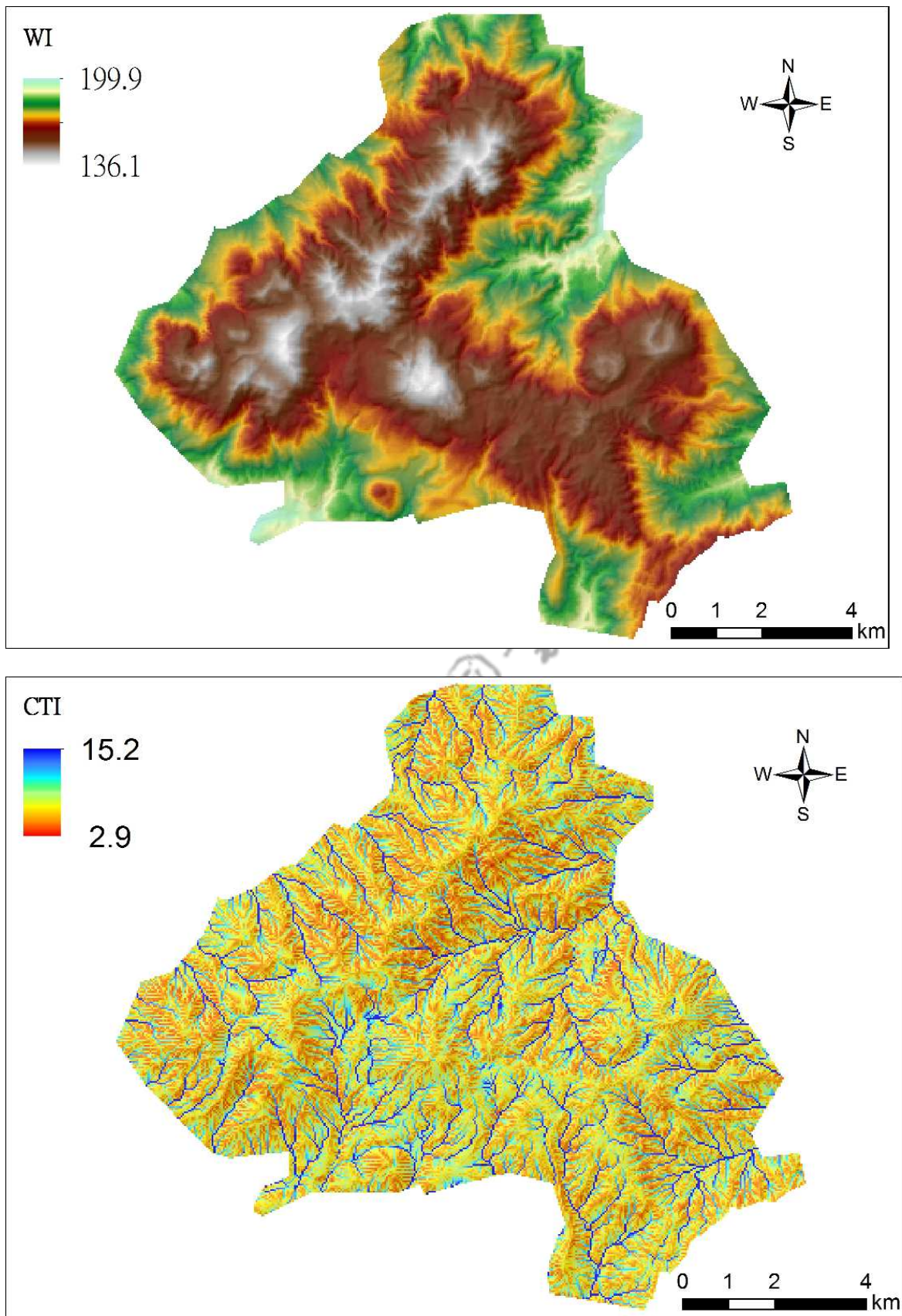


圖 3-13 陽明山國公園園區之濕量指標(WI)、複合地形指標(CTI)圖層(資料來源：本研究)

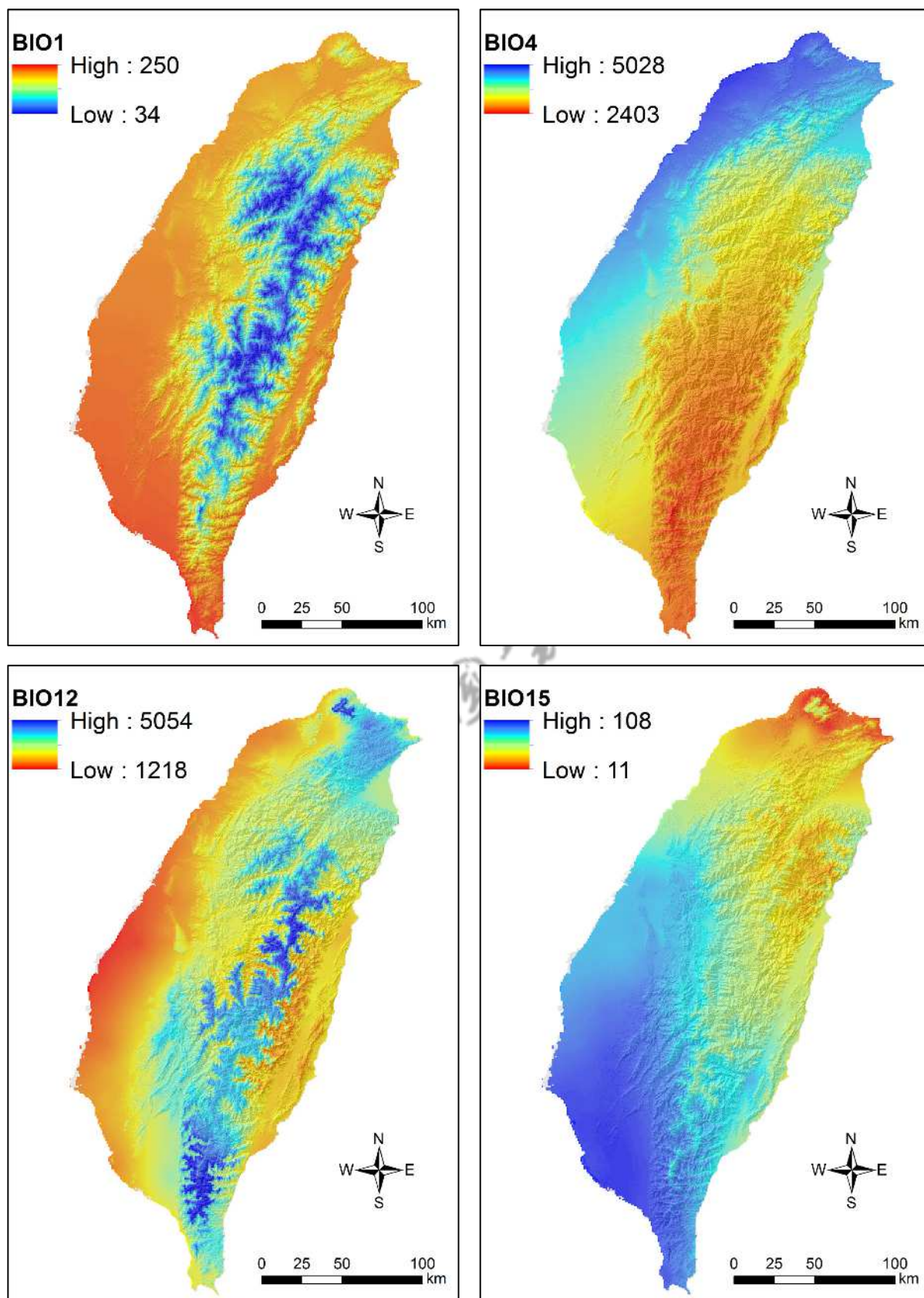


圖 3-14 臺灣現今之年均溫(BIO1)、溫度季節性(BIO4)、年降水量(BIO12)、降水季節性(BIO15)圖層(資料來源：WorldClim)

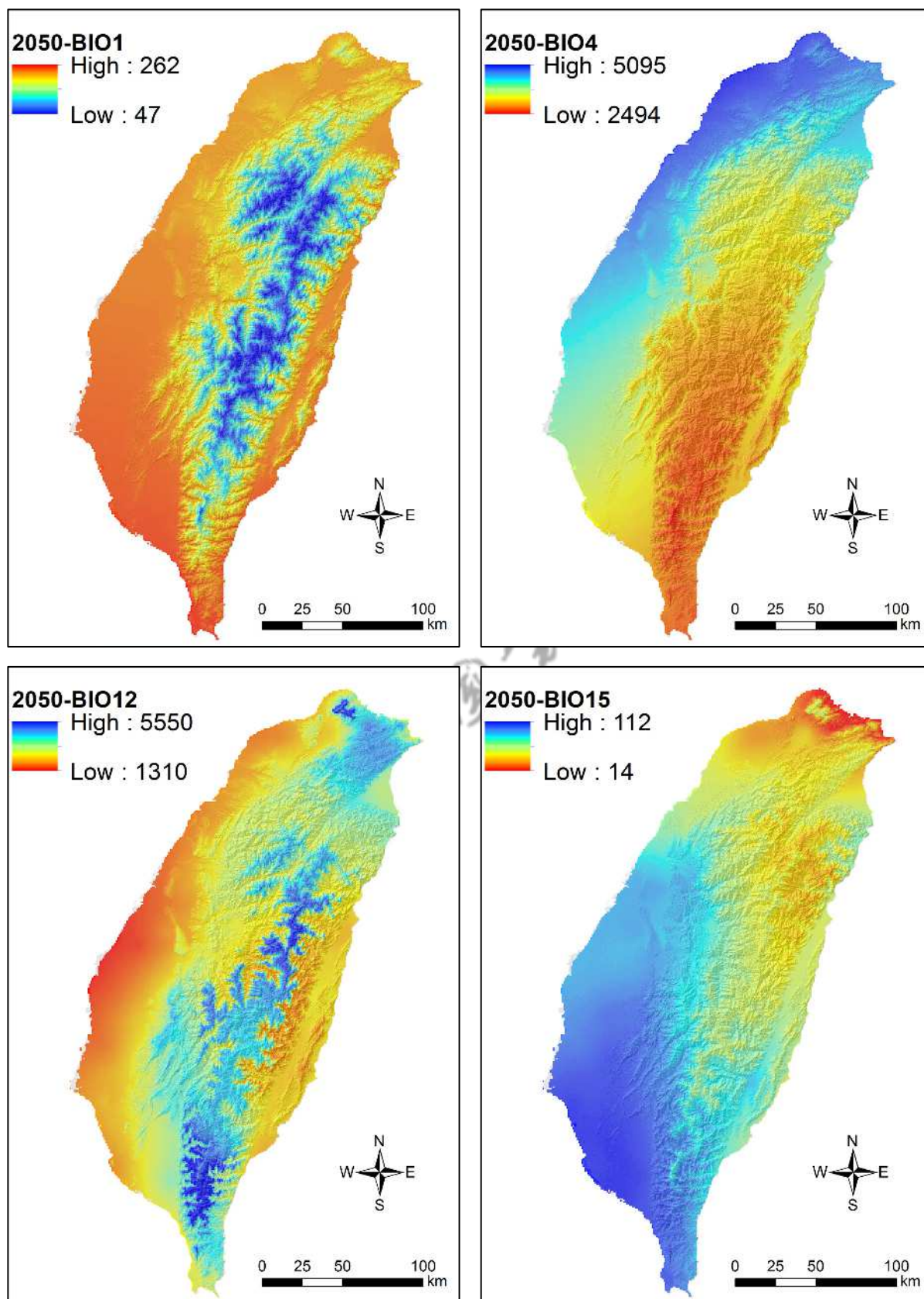


圖 3-15 臺灣 2050 年之年均溫(BIO1)、溫度季節性(BIO4)、年降水量(BIO12)、降水季節性(BIO15)圖層(資料來源：WorldClim)

第五節 模擬昆欄樹之分布樣式

模擬昆欄樹之分布須具備昆欄樹之分布點位及相關的環境因子圖層，至 2014 年 7 月中旬為止，本計畫共蒐集 2925 點昆欄樹分布點，同時已完成全臺灣之 BIO1、BIO4、BIO10、BIO11、BIO12、BIO15、BIO18 等 7 項重要環境因子圖層。為初步瞭解昆欄樹分布之模擬結果，本計畫採用近年廣泛使用的 MaxEnt 為模擬方法。圖 3-16A 為各環境因子對昆欄樹分布預測之獲益表現，圖 3-16B 為模擬昆欄樹分布之準確度評估，其平均 AUC = 0.895，屬於良好等級，而圖 3-17 為以上述資料之模擬結果。

為更準確的模擬昆欄樹之潛在分布，本計畫所使用之樹種點位、環境資料、模擬方法等如下所述。

1. 樹種點位資料：採用本計畫全年度所蒐集之 3032 點昆欄樹分布點。
2. 環境圖層資料：採用 WorldClim 資料庫之 BIO1 ~ BIO19 等環境生物氣候圖層。
3. 分布模擬方法：採用 2014-07-07 發布之 BIOMOD2 最新版本 3.1-48 (<http://cran.r-project.org/web/packages/biomod2/index.html>)，同時完成人工神經網路(Artificial Neural Networks, ANN)、分類樹分析(Classification Tree Analysis, CTA)、彈性判別分析(Flexible Discriminant Analysis, FDA)、廣義加法模型(Generalised Additive Models, GAM)、廣義助推模型(Generalised Boosting Model, GBM; or usually called Boosted Regression Trees)、廣義線性模型(Generalised Linear Models, GLM)、隨機森林(Breiman and Cutler's Random Forest for classification and regression, RF)、多適迴歸樣條(Multiple Adaptive Regression Splines, MARS)、最大熵模擬(MAXENT)、表域包絡(Surface Range Envelope, SRE; or usually called BIOCLIM)等 10 種模擬方法。

由於缺乏昆欄樹的缺席點資料(absence data)，因此利用 Geospatial Modelling Environment 軟體(Beyer 2012)於距離昆欄樹分布點達 1 km 以上處隨機建立 1000 個虛擬缺席點(pseudo-absence data)，連同昆欄樹之出現點(presence data)如圖 3-18 所示；模擬昆欄樹之分布的 BIOMOD2 參數設定為

隨機切分 85%出現點為建模資料組(calibrating dataset)，其餘 15%分布點則做為驗證資料組(evaluating dataset)，重複運行模型 25 次，並以 TSS (True Skill Statistic)、ROC (Receiver Operator Characteristic analysis)、KAPPA (Cohen's Kappa statistic)這 3 種常用的指標(Allouche et al. 2006; Liu et al. 2009)來評估全部 250 個模型(10 種模擬方法，各運行 25 次模擬計算)之準確度；有關 BIOMOD2 之運算平臺如圖 3-19，其各模型之計算結果僅摘錄前 16 個展示如圖 3-20。

由於各種模擬方法均有其優缺點，因此可採用模擬結果評估較佳的模型，再加以疊合進行整體預測(ensemble forecasting)，亦即綜合 250 個模型 TSS > 0.8 的所有模型，圖 3-21 為昆欄樹之現況分布模擬結果圖，顯示昆欄樹主要分布於臺灣中海拔山區，特別是雪山山脈、中央山脈北端、阿里山山脈之山區，然由圖 3-21 亦可知，陽明山亦為一甚適於昆欄樹生育之區域，其出現機率比其他山區更高，此可能為本區之雲霧盛行環境有關(如圖 3-3 所示)。

第六節 氣候變遷下昆欄樹分布之變化

昆欄樹之現況分布模擬完成後，可再結合 IPCC 未來氣候情境資料，接續進行昆欄樹在氣候變遷下分布之變化的探討。如前所述本計畫採用 IPCC AR5 於 2050 年之 CCSM4 模型，其生物氣候圖層如 3-15 所示。

圖 3-22 為在 2050 年氣候環境下，250 個昆欄樹分布預測模型中之前 16 個模型。對照昆欄樹現今與未來之模擬分布(圖 3-20 vs. 圖 3-22)可知，依據各種模擬方法所得之結果，昆欄樹之分布區在 2050 年將有明顯的縮減，如圖 3-20 vs. 圖 3-22 中 GAM 之預測，昆欄樹將顯著減少，甚至在 SRE 之預測結果中，昆欄樹在 2050 年將完全消失在陽明山國家公園境內。

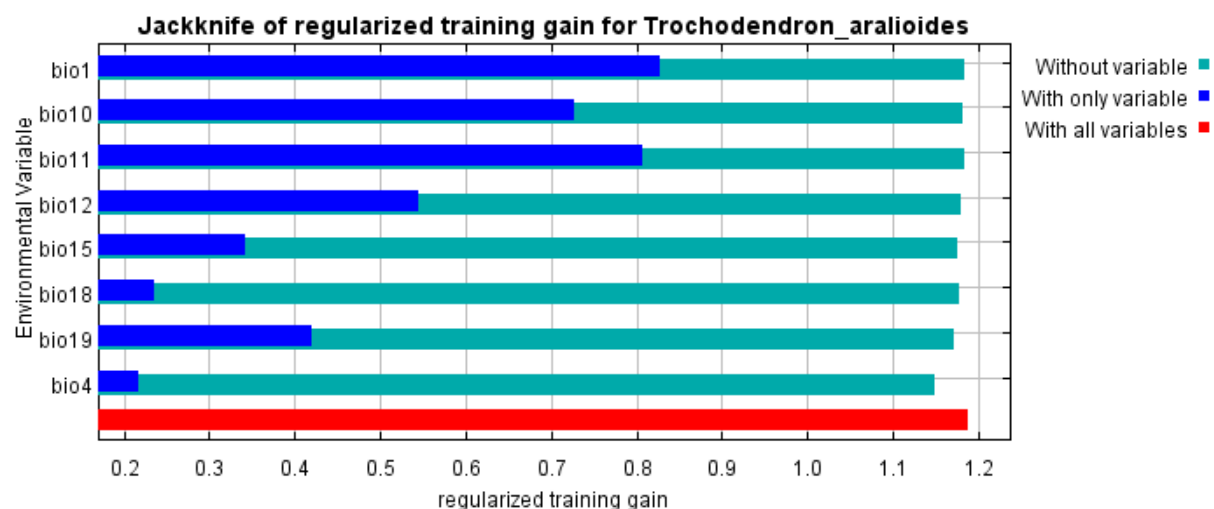
如上節所述，對未來之預測分布亦選取評估結果較佳之模型(TSS > 0.8)進行進行整體預測；圖 3-23 為昆欄樹之未來(2050 年)分布模擬結果，顯示昆欄樹主要分布將往臺灣中海拔山區移動，而陽明山海拔較低之區域則不再是適合昆欄樹生育之環境。

為更清楚瞭解昆欄樹在氣候變遷環境下之分布變化，本計畫計算為昆欄

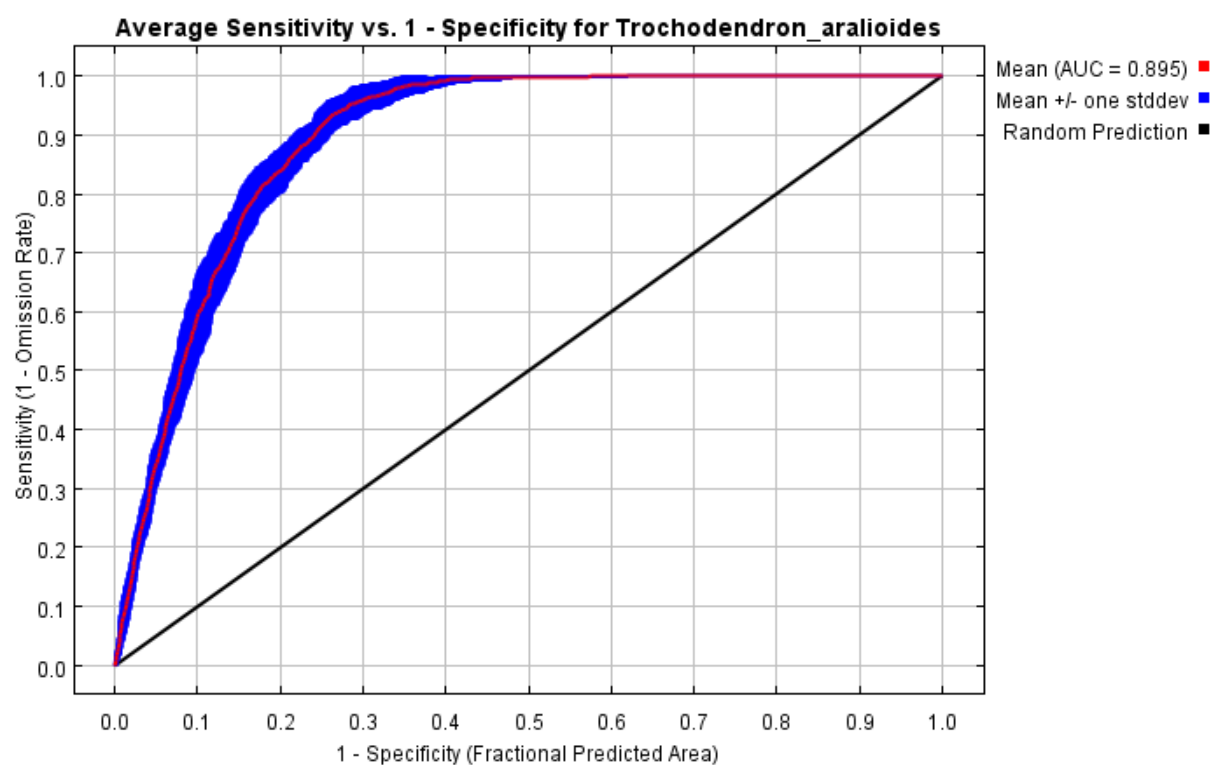
樹未來分布與現今分布之出現機率差(圖 3-24, 即圖 3-23 網格值減圖 3-21 網格值), 其值介於 $-0.657 \sim 0.575$ 之間, 可切分為 11 等分, 分別代表昆欄樹分布的三種變化: 維持穩定、喪失、獲得。

1. 維持穩定: 圖 3-24 空白處, $-0.1 \sim 0.1$ 表示昆欄樹適宜度之變化不大。
2. 喪失: 圖 3-24 冷色系部分(藍色系, 負值)代表於未來氣候下昆欄樹之適宜度將減少, 主要喪失的區域為北部較低海拔處。
3. 獲得: 圖 3-24 暖色系部分(紅色系, 正值)代表於未來氣候下昆欄樹之適宜度將增加, 主要是往中部較高海拔處遷移。

整體而言, 在未來(2050 年)之氣候條件下, 昆欄樹於臺灣喪失的生育地將高於可獲得的生育環境, 最可能的原因為未來溫度比現今溫度升高約 $1.2 \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ (依據前述 IPCC AR5 RCP4.5 情境於 2050 年之 CCSM4 模型之年均溫); 而昆欄樹在未來最可能喪失適宜環境的區域主要為北部較低海拔處, 此也意味著分布於陽明山海拔較低處的昆欄樹, 其生育環境將遭受嚴苛的考驗。



(A)



(B)

圖 3-16 (A)各環境因子對昆欄樹分布預測之獲益表現。(B)模擬昆欄樹分布之準確度評估，平均 AUC = 0.895，屬於良好等級(資料來源：本研究)

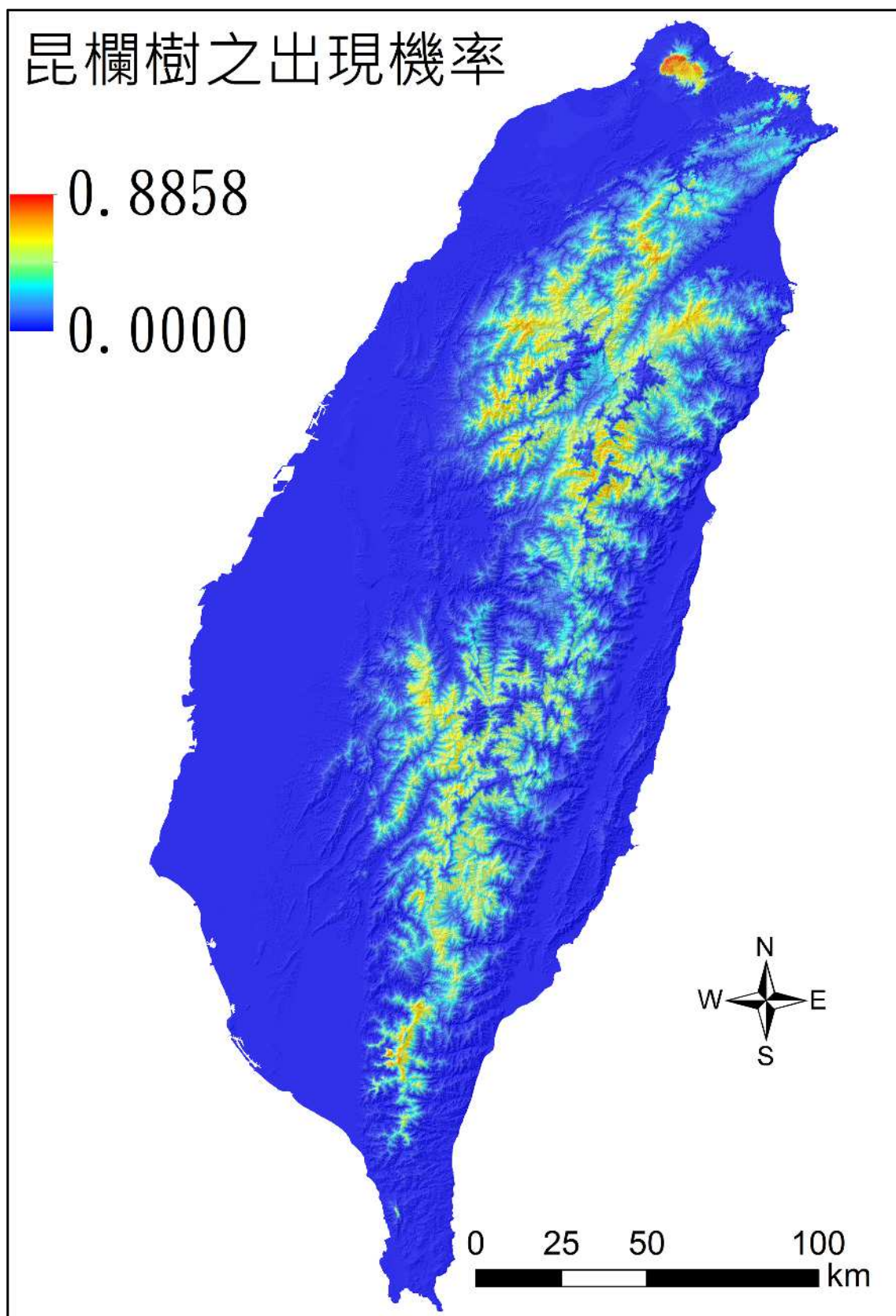


圖 3-17 以 MaxEnt 模擬昆欄樹之出現機率圖(資料來源：本研究)

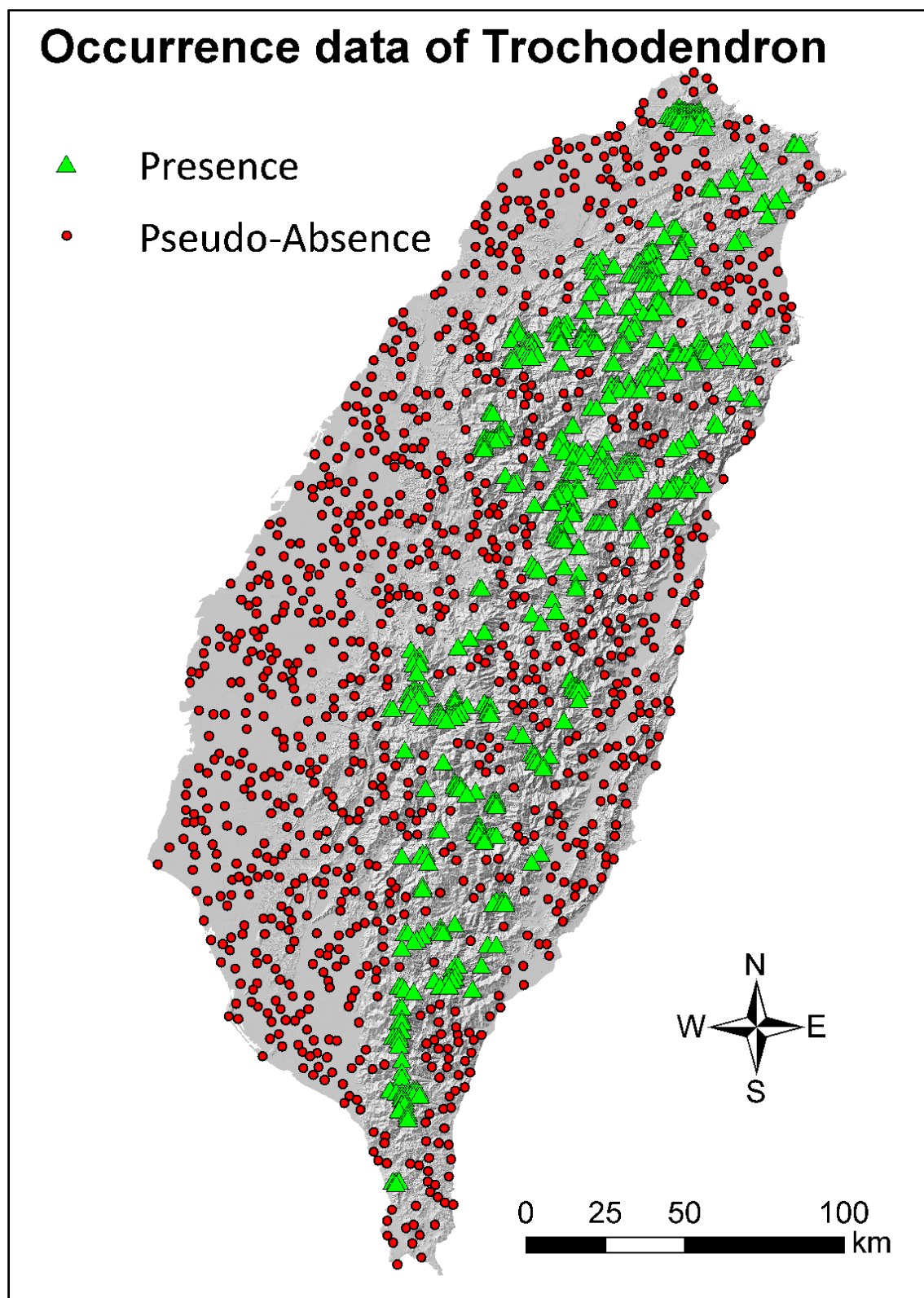


圖 3-18 昆欄樹之出現點(presence data)、虛擬缺席點(pseudo-absence data)(資料來源：本研究)

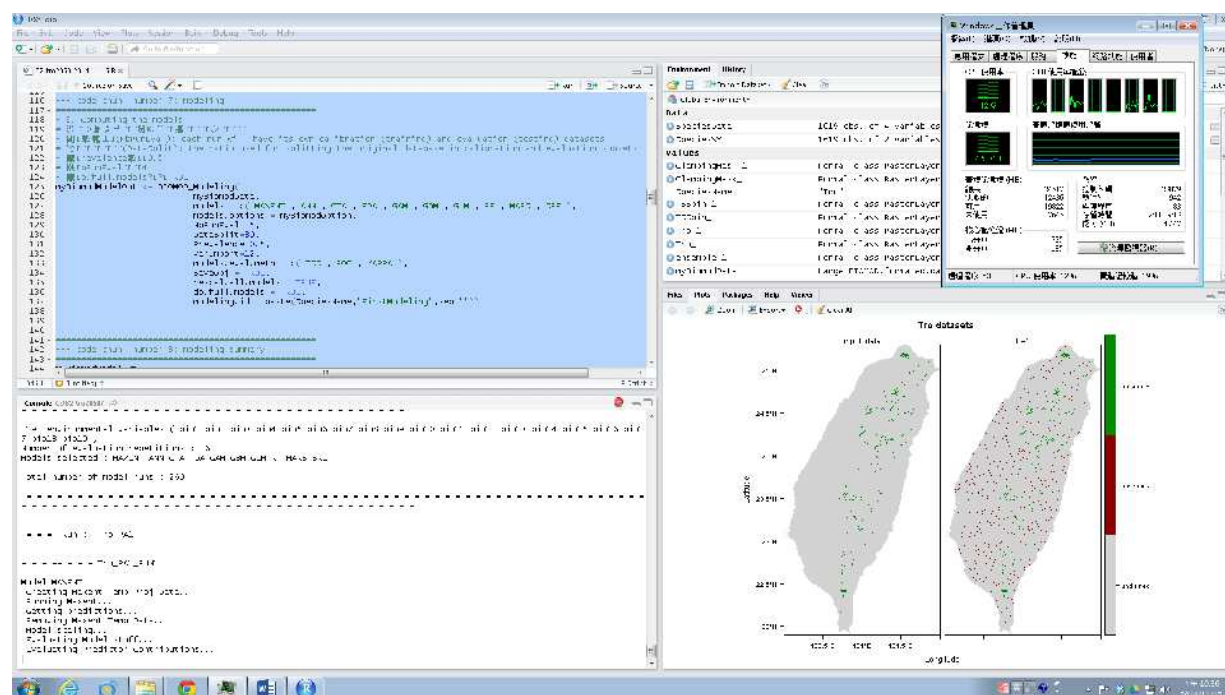


圖 3-19 BIOMOD2 之運算平臺(資料來源：本研究)

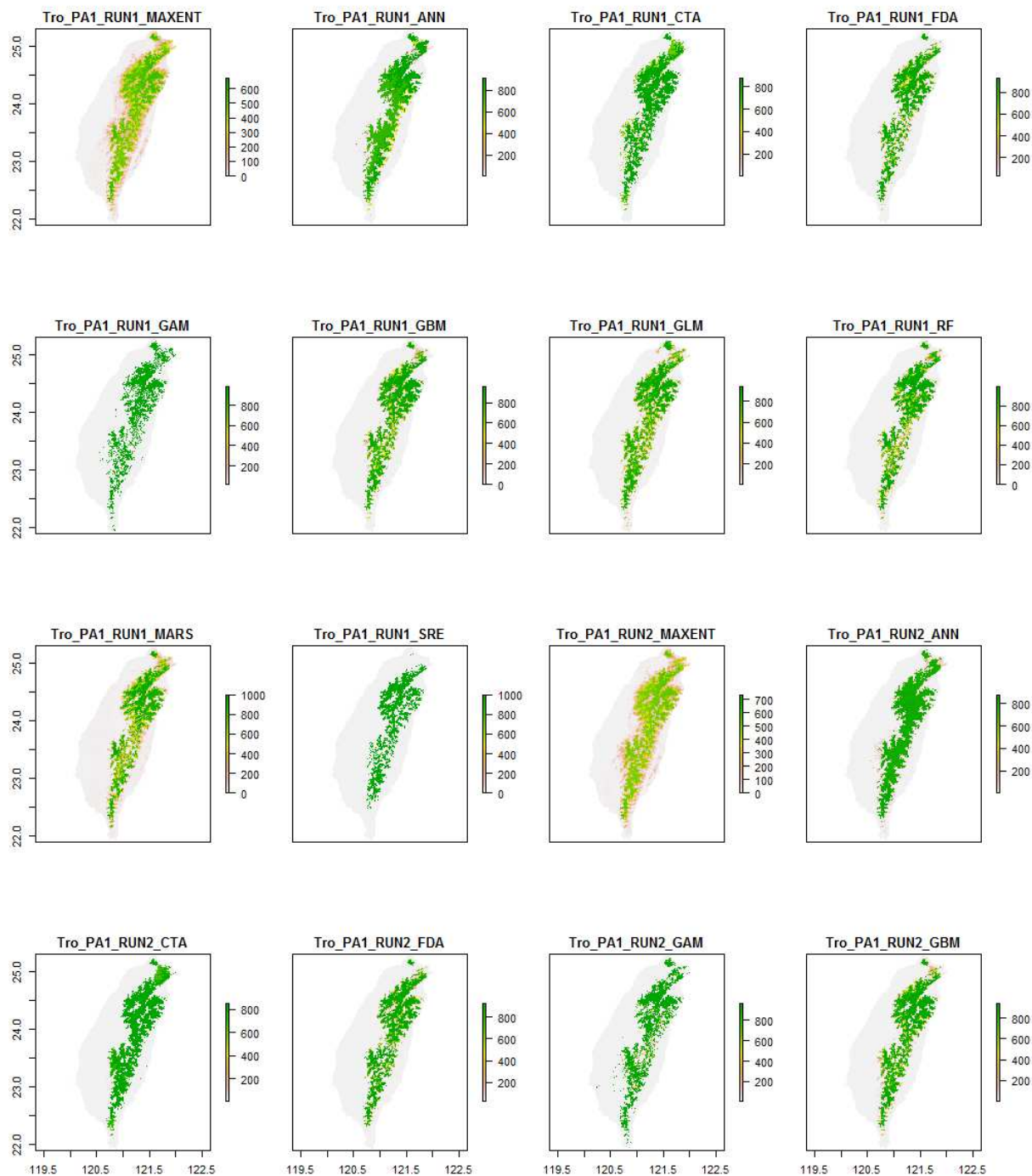


圖 3-20 摘錄 BIOMOD2 現今分布模擬之前 16 個模型之結果(資料來源：本研究)

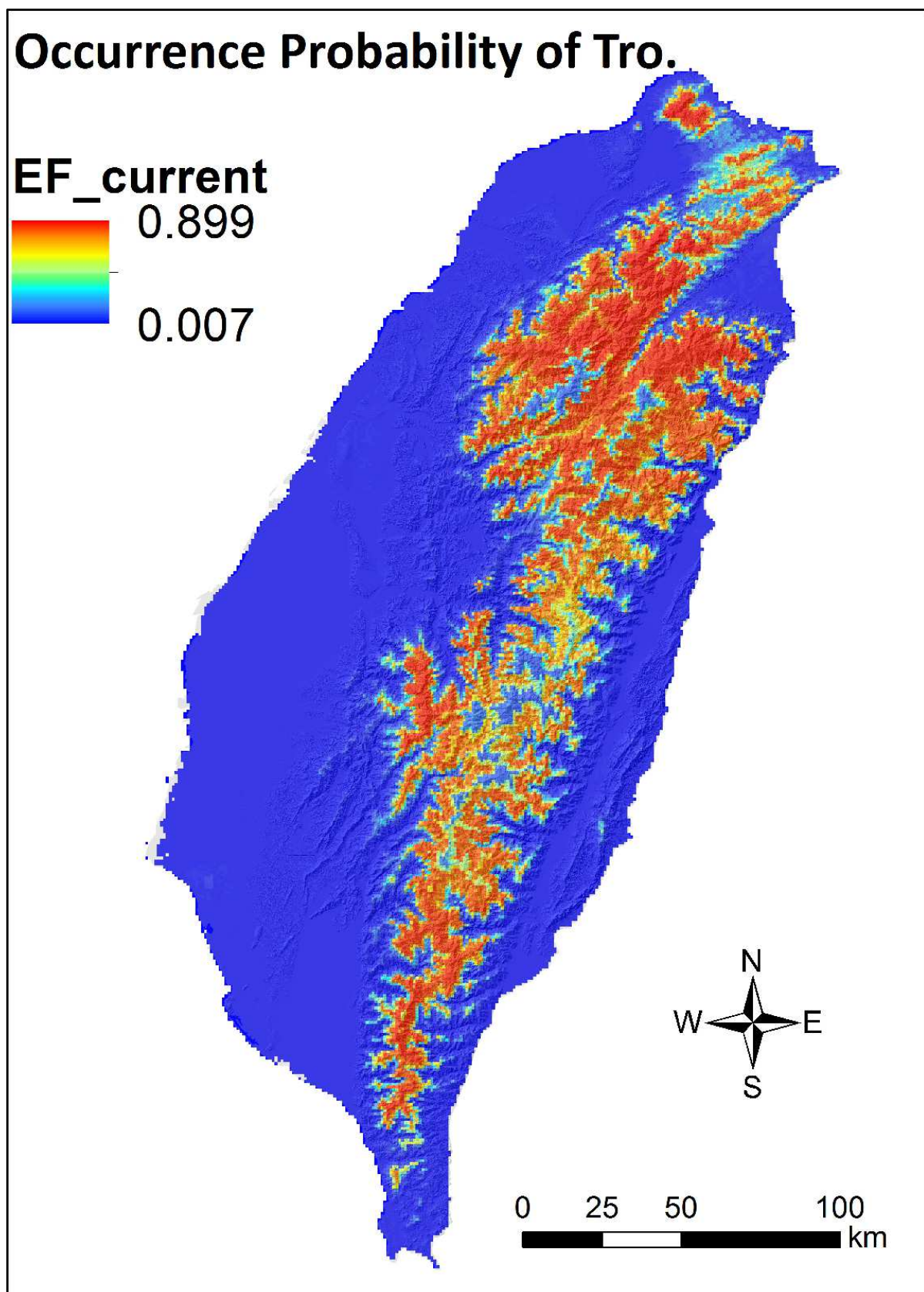


圖 3-21 昆欄樹之現況分布的整體預測模擬(資料來源：本研究)

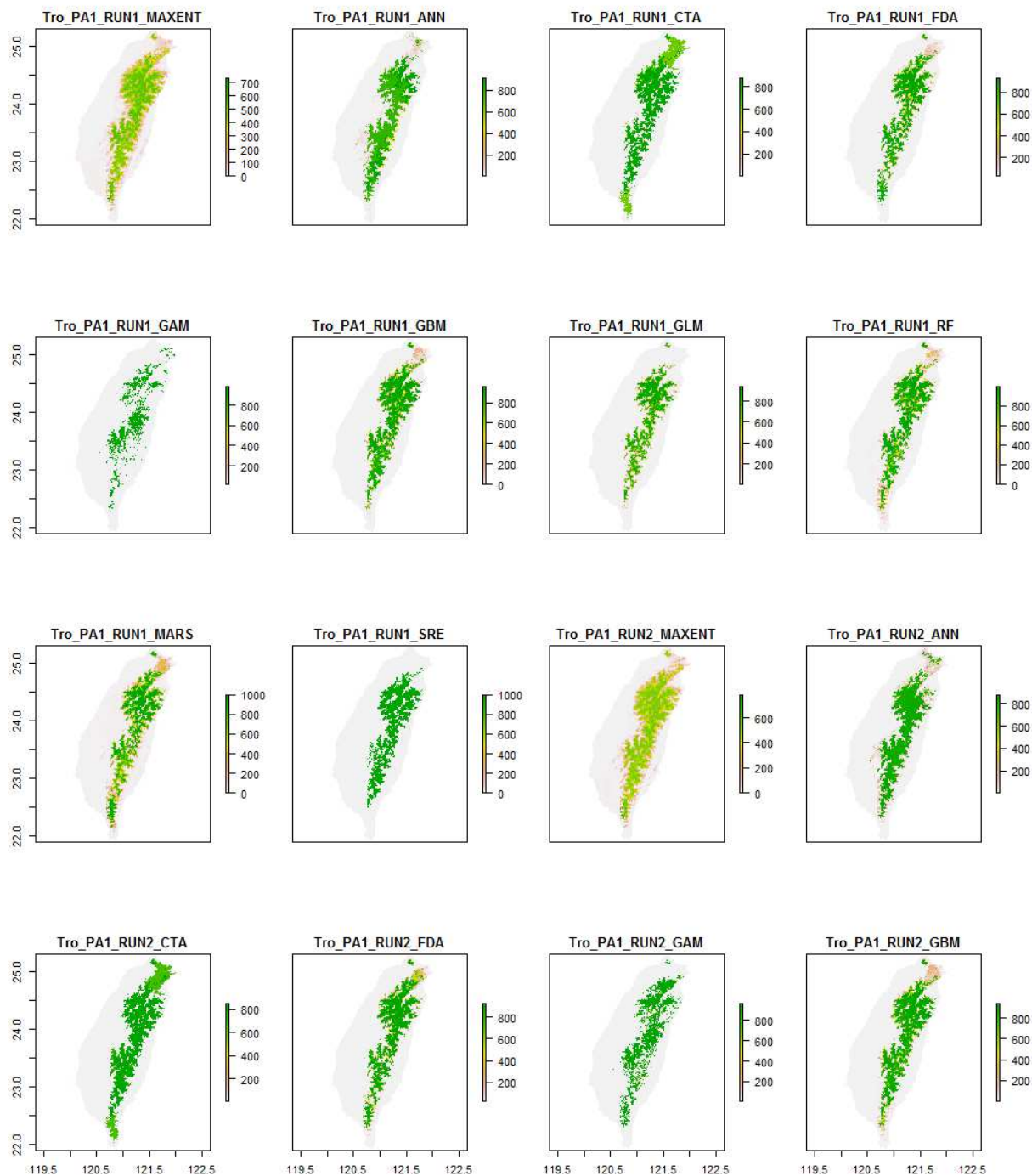


圖 3-22 摘錄 BIOMOD2 未來分布模擬之前 16 個模型之結果(資料來源：本研究)

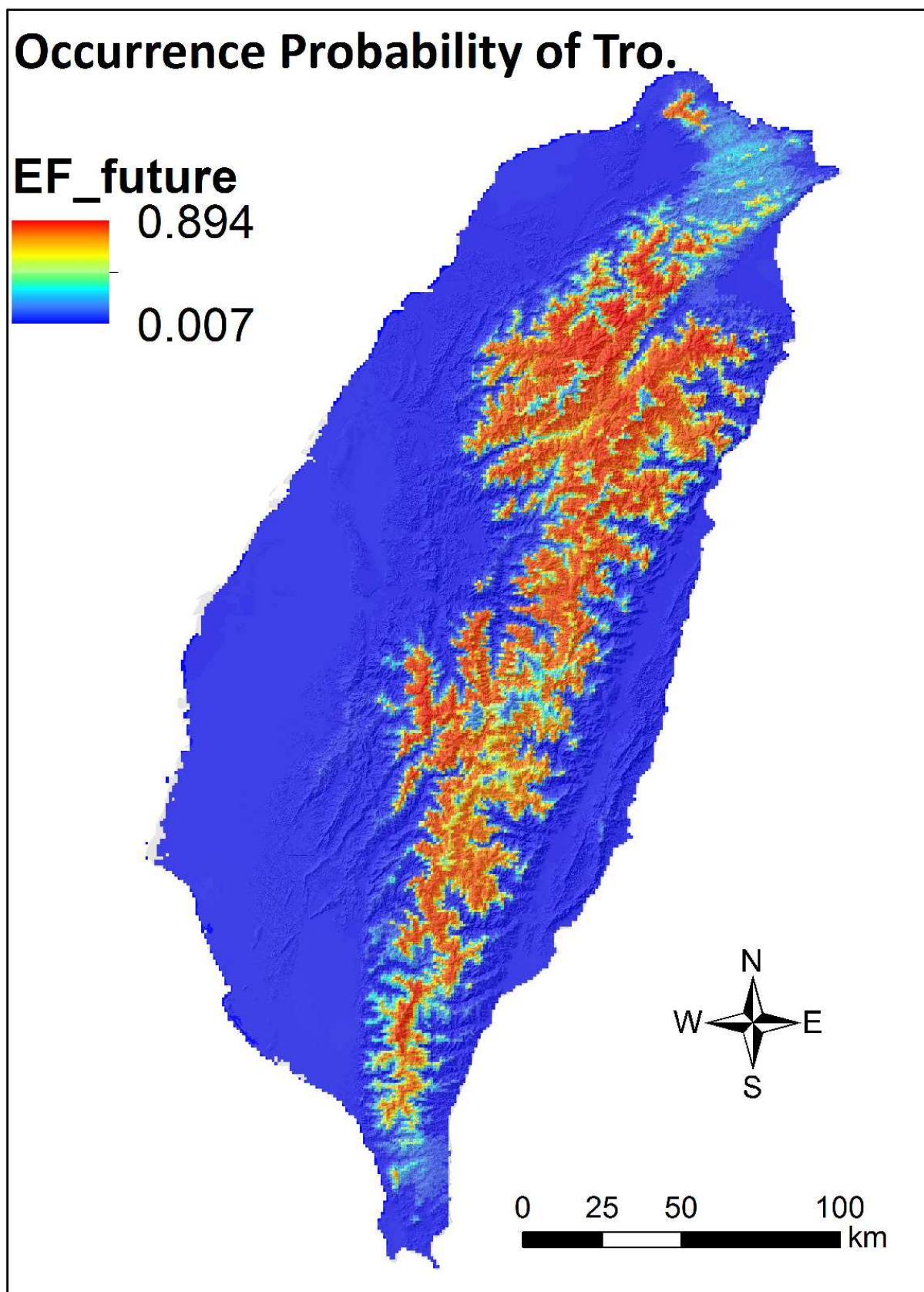


圖 3-23 昆欄樹之未來分布的整體預測模擬(資料來源：本研究)

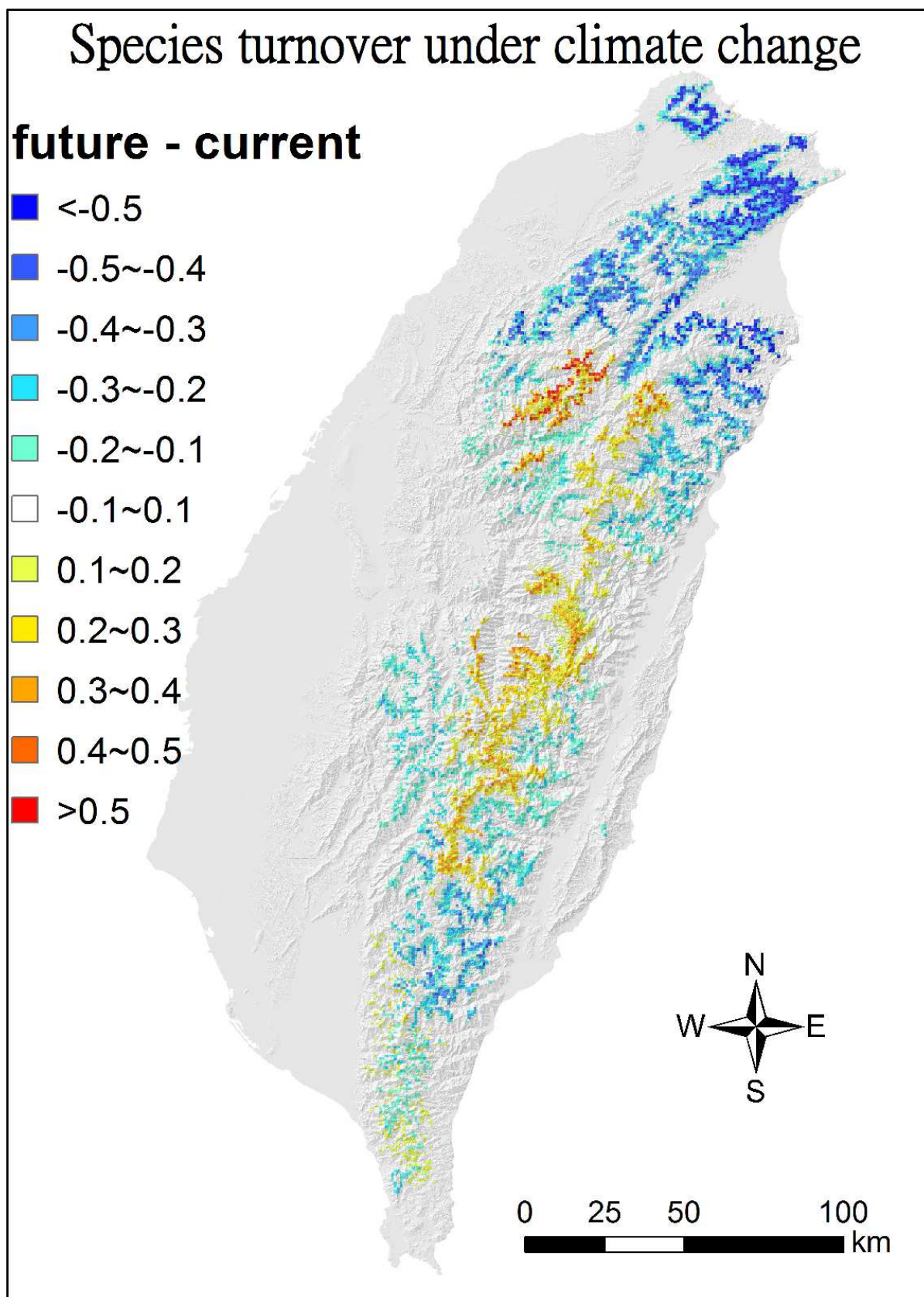
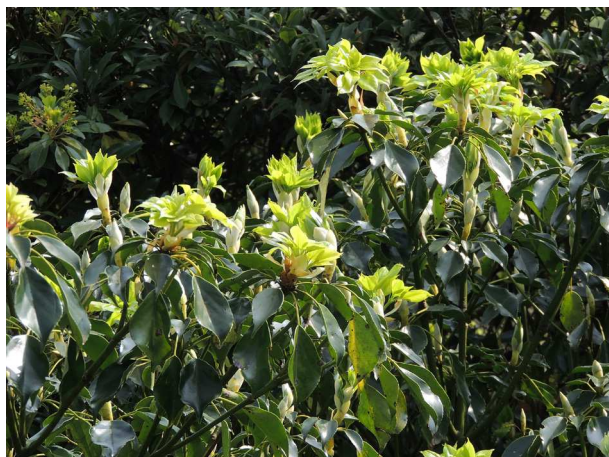


圖 3-24 昆欄樹之未來分布與現況分布的比較(資料來源：本研究)

第七節 自然資源資料庫系統之充實

本計畫所完成之昆欄樹植群樣區調查資料，以及數位攝影與 GPS 定位等工作，相關資訊將匯入陽明山國家公園自然資源資料庫系統。

原先預估於計畫期間可增加調查資料總筆數至少 2000 筆，及昆欄樹定位點至少 200 點以上，然由於本計畫已廣泛針對陽明山國家公園之昆欄樹密集的調查，待計畫完成後，將可大量增加匯入陽明山國家公園自然資源資料庫系統之資料。同時本計畫亦於研究成果中提供 1000 萬畫素以上之相片，以方便管理處未來之應用；本計畫所拍攝之昆欄樹影像，除了各研究調查樣區、GPS 定位相片、七星山下純林生態環境等，也包括春季開展的昆欄樹葉芽、部分新芽為葉與花同時開放之混合芽、雌蕊先熟型與雌蕊先熟型之花、昆欄樹之果實、出現於邊坡苔蘚上的昆欄樹小苗(圖 3-25)。



春季開展的昆欄樹葉芽



部分新芽為葉與花同時開放之混合芽



雌蕊先熟型之花



雄蕊先熟型之花



昆欄樹之果實



出現於邊坡苔蘚上的昆欄樹小苗

圖 3-25 昆欄樹之芽、花、果、小苗(資料來源：本研究)



第四章 結論與建議

第一節 結論

- 一、已摘述前人有關昆欄樹之各項研究，包括形態與分類、空間分布、植群研究、遺傳研究、與氣候之關係等，可供未來相關研究之簡便參考。
- 二、共取樣 31 個樣區，記錄 313 種維管束植物，喬木層可區分為豬腳楠林型與昆欄樹林型，並顯示於陽明山國家公園內豬腳楠與昆欄樹常共同出現。
- 三、於七星山主峰下方凹地之昆欄樹優勢社會中設置 7 個樣區，約估昆欄樹純林面積為 11012 m²，平均單位株數為 863 株/ha。昆欄樹之徑級分布圖顯示，老熟昆欄樹至幼齡木均可在此區域中發現，然獨缺小苗，顯示其早期天然更新良好，但可能因森林逐漸鬱閉，昆欄樹小苗需光量較大而無法於林內天然更新，然在此片純林之外圍開闊處，在地表裸露處仍可見少數幾株昆欄樹小苗。
- 四、共完成 1981 張昆欄樹之攝影及定位，另搜集各類資料庫可得 1051 點之昆欄樹分布點，總計共獲得 3032 點昆欄樹分布點位，已套疊展示於全臺灣及陽明山國家公園之數值高程模型中。
- 五、昆欄樹在陽明山國家公園被記錄到族群數量較臺灣其他區域為多，但並非園區均可見到，定位調查資料顯示：(1)萬溪產業道路，於風櫃嘴之前並未發現昆欄樹，在風櫃嘴往萬里方向，才出現少量的昆欄樹，其後隨海拔降低即無昆欄樹出現；(2)在陽明書屋、紗帽山、龍鳳谷等地，則是完全沒有昆欄樹之出現；(3)除七星山下之昆欄樹純林外，陽明山其他區域所見昆欄樹，大多與其他樹種混生。
- 六、昆欄樹在全臺灣最主要的分布區域位於 1000~2500 m 中海拔山區，但在陽明山則於海拔 500~1000 m 即相當常見。比較昆欄樹於陽明山國家公園與大鹿林道-樂山林道、大雪山林道、臺 14 甲省道、新中橫公路之分布資料，以及本計畫所蒐集之所有昆欄樹分布點位可知，陽明山昆欄樹分布海拔很明顯地低於臺灣中部山區；全臺昆欄樹之分布海拔在中部最高(2907 m)，並往南北端降低，特別是臺灣北部(陽明山國

家公園)具有目前所知分布海拔最低的昆欄樹(345 m)。

七、經 BIOMOD2 結合 10 種物種分布模擬方法之分析結果顯示，現今氣候環境下之昆欄樹主要分布於臺灣中海拔山區，而陽明山亦為一出現機率甚高的地區，然在未來(2050 年)氣候環境下，分布於北部較低海拔處之昆欄樹將喪失其原有生育環境，包括分布於陽明山海拔較低處的昆欄樹都將遭受嚴苛的考驗。就全臺而言，在未來之氣候條件下，昆欄樹喪失的生育地將高於可獲得的生育環境，可能的原因為未來溫度比現今溫度升高約 1.2~1.4°C (依據 IPCC AR5 RCP4.5 情境於 2050 年之 CCSM4 模型之年均溫估算)。

八、除了昆欄樹之樣區調查資料與 GPS 定位點位外，本計畫所拍攝之昆欄樹影像，均可匯入陽明山國家公園自然資源資料庫系統，並做為科學研究與環境教育參考使用。

第二節 建議

立即可行之建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：各學術研究機構

現今昆欄樹植物社會之調查資料顯示，除了少數較開闊的地表裸露地之外，目前甚少見到天然下種更新的昆欄樹小苗，且氣候變遷之物種分布模擬結果也顯示，陽明山低海拔的昆欄樹將面臨嚴重的生存衝擊，建議可進行昆欄樹之物候學觀察，並配合管理處現有的苗圃嘗試進行昆欄樹之播種育苗及生長表現觀察等試驗。

長期性建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：各學術研究機構

昆欄樹是侷限分布於東亞的子遺植物，而陽明山是全臺灣，甚至是世界昆欄樹數量最多之區域，且具有他處所無之純林，建議未來可針對七星

山下之昆欄樹純林定期加以監測，最基礎的做法即是瞭解純林之範圍，未來才能監測其變化。





附錄一、APG III之昆欄樹分類

TROCHODENDRALES Cronquist Main Tree.

Stomata laterocytic; anthers valvate, latrorse, filaments thin; **G laterally connate**, **nectariferous abaxially**, **5 vascular bundles/carpel**; ovules apotropous, integuments long, micropyle bistomal; **fruit an aggregate of follicles, styles becoming $\pm$ basal on the outer surface**; endotestal cells with slightly thickened walls, exotegmic cells thick-walled, tracheidal, elongated; endosperm development? - 1 family, 2 genera, 2 species.

Page last updated: 11/12/2014 01:31:04

Note: Possible apomorphies are in bold. However, the actual level at which many of these features, particularly the more cryptic ones, should be assigned is unclear. This is partly because many characters show considerable homoplasy, in addition, basic information for all too many is very incomplete, frequently coming from taxa well embedded in the clade of interest and so making the position of any putative apomorphy uncertain. Then there is the not-so-trivial issue of how ancestral states are reconstructed (see above).

Includes Trochodendraceae.

Synonymy: **Trochodendrineae** Engler - **Trochodendranæ** Reveal

TROCHODENDRACEAE Eichler, *nom. cons.* Back to Trochodendrales

Evergreen trees; flavonols +; petiole bundle arcuate; buds with scales; lamina toothed, secondary veins proceed to a clear, persistent cap, lateral veins also enter; cuticle waxes with nonacosan-10-ol a major component; **flowers with cortical vascular system**; pollen tectum reticulate-striate; G very slightly inferior; **ovules with chalazal protrusion**; seeds flattened, with marginal flange, **chalazal hair-pin bundle +**.

2/2 [list]. Southeast Asia, scattered.

Trochodendron Siebold & Zuccarini

Myricetin +; plant glabrous; pits bordered; vessels 0; young stem with separate vascular bundles; rays ca 12-seriate; nodes 1:1-7:7; **± branched sclereids** +; leaves spiral, venation subpinnate; plant androdioecious, inflorescence terminal; P 0-5, minute, not vascularized; A many, ± spiral; G [(4-)6-11(-17)], with a secretion canal, placentation apical-axile, styluli erect, stigma decurrent in two crests; ovules many/carpel; (follicles also opening abaxially); seeds pendulous, endotesta sclerotic; endosperm cellular; n = 20.



1/1: *Trochodendron aralioides*. Japan to N. Taiwan (map: red, fossils blue [Japan - N.E. Honshu, not in the sea...], Pigg et al. 2001, 2007). [Photo - Collection, Inflorescences.]

Tetracentron Oliver

Chalcones or dihydrochalcones +; **secretory cells +**; leaves two-ranked, lamina vernation supervolute, secondary veins palmate, **leaf base broad, thin latero-basal flange enveloping axillary**



bud, lamina with palmate venation; inflorescence axillary, **spicate**; flowers small, 4-merous; P 4, vascular bundle rudimentary; **A equal and opposite P**; G [4], alternate with P, styluli short, spreading, placentation axile; ovules 5-6/carpel; testa multiplicative, meso- and endotesta lignified, tegmen two layered; endosperm nuclear; n = 24.

1/1: *Tetracentron sinense*. China, Nepal (map: from Hara & Kanai 1964; fossils green, from Grímsson et al. 2008).

Synonymy: **Tetracentraceae** A. C. Smith, *nom. cons.*

- Trochodendraceae are trees that may be recognised by their serrate, exstipulate leaves and their distinctive flowers and fruits. The flowers have several laterally connate carpels arranged in a whorl; nectary is produced from the abaxial part of the carpel. The styles become

displaced to the base on the abaxial side of the follicular fruits and the seeds are winged. *Tetracentron* has leaves with palmate venation and long, pendulous, spicate, axillary inflorescences, and the broad base of the leaf completely encloses the axillary bud, while *Trochodendron* has leaves with pinnate venation and short, erect, terminal inflorescences with pedicellate flowers.

Age. Estimates for the divergence times of the two genera are (113-)106, 95(-88) m.y. Wikström et al. (2001) or (65-)20, 19(-7) m.y.a. (Bell et al. 2010).

Fossils of Trochodendraceae are known from since the late Cretaceous as *Nordenskiöldia*, more properly *Nordenskiöldia*, close to *Trochodendron*. They are widely distributed around the northern hemisphere in the Eocene, and are sometimes at very high latitudes (Crane et al. 1991; Pigg et al. 2001, 2007; Taylor et al. 2009; Harrington et al. 2011). However, the hairpin loop in the seed is not found in at least some fossil Trochodendraceae (Crane et al. 1991, but c.f. Doweld 1998c); postgenital fusion of the carpels may not occur. Furthermore, in some fossils assigned to *Trochodendron* there are paired auricles or foliaceous stipels at the base of the lamina (Pigg et al. 2007). For the fossil record of the *Tetracentron* lineage, very largely Tertiary, see Grímsson et al. (2008).

Chemistry, Morphology, etc. Vessel elements with scalariform to scalariform-reticulate perforation plates have recently been reported from *Tetracentron* and *Trochodendron*, although both genera had long been considered to lack vessels (Hacke et al. 2007; Ren et al. 2007a; Li et al. 2011; c.f. Bailey & Thomopson 1918).

In *Tetracentron* the petiole becomes round towards the base, and there is a marginal flange that tightly and totally envelops the axillary bud; the base of the petiole is broad and the scar encircles much of the stem. In *Trochodendron*, on the other hand, not only is nodal anatomy variable and the leaves on the adult plant have a narrow petiole and often lack axillary buds, in the young plant the leaves are more similar to those of *Tetracentron* (Bailey & Nast 1945; Nast & Bailey 1955). Although Baranova (1983) described both genera as having laterocytic stomata, Metcalfe and Chalk (1950) described and drew the stomata of *Trochodendron* as being laterocytic, while the stomata of *Trochodendron* are cyclocytic, according to Carlquist (1982)....

The micropyle of *Trochodendron* is described as being endostomal in Johri et al. (1992) and Endress and Igersheim (1999), but it looks bistomal in Takhtajan (1991). In both genera the adaxial side of the carpel develops greatly as the fruits ripen and so the style becomes basal on the abaxial side of the follicle.

See Nast and Bailey (1945) for flowers, fruits and summary, Endress (1986b) for floral morphology, Endress (1993) general, Wu et al. (2007) for perianth evolution and Chen et al. (2007) for floral morphology of *Tetracentron*; Rix and Crane (2007) provide general information about *Tetracentron*.

Previous Relationships. The relationships of the two genera included in Trochodendraceae have been somewhat obscure, although their apparent lack of vessels had long typed them as being primitive angiosperms. Endress (1986b) compared the sclereids of *Trochodendron* and the secretory cells of *Tetracentron* with the cells secreting ethereal oils in magnoliids, etc., and linked the two genera with Cercidiphyllaceae (Saxifragales) and Eupteleaceae (Ranunculales) in an expanded Trochodendrales (c.f. also Takhtajan 1997 and Thorne 2007 in part). Kai-yu et al. (1993) suggested that *Tetracentron* should be put in its own order.

Classification. Including Tetracentraceae in Trochodendraceae was an option in A.P.G. II (2003). The two families do have quite a lot in common, as is clear from the fairly lengthy ordinal description, and since both are monotypic, combination is in order (see A.P.G. III 2009).

附錄二、昆欄樹樣區調查植物名錄

一、蕨類植物

1. LYCOPODIACEAE 石松科

1. *Lycopodium cernuum* L. 過山龍

2. SELAGINELLACEAE 卷柏科

2. *Selaginella delicatula* (Desv.) Alston 全緣卷柏
3. *Selaginella doederleinii* Hieron. 生根卷柏
4. *Selaginella involvens* (Sw.) Spring 密葉卷柏
5. *Selaginella moellendorffii* Hieron. 異葉卷柏
6. *Selaginella remotifolia* Spring 疏葉卷柏

3. MARATTIACEAE 觀音座蓮科

7. *Angiopteris lygodiifolia* Rosenst. 觀音座蓮

4. GLEICHENIACEAE 裏白科

8. *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw. 芒萁
9. *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw. var. *tetraphylla* (Rosenst.) Nakai 蔓芒萁
10. *Diplopterygium glaucum* (Houtt.) Nakai 裡白

5. HYMENOPHYLLACEAE 膜蕨科

11. *Vandenboschia auriculata* (Bl.) Copel. 瓶蕨

6. PLAGIOGYRIACEAE 瘤足蕨科

12. *Plagiogyria dunnii* Copel. 倒葉瘤足蕨
13. *Plagiogyria euphlebia* (Kunze) Mett. 華中瘤足蕨

7. CYATHEACEAE 桫欏科

14. *Cyathea lepifera* (J. Sm. ex Hook.) Copel. 筆筒樹
15. *Cyathea podophylla* (Hook.) Copel. 鬼桫欏
16. *Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook. 臺灣桫欏

8. DENNSTAEDTIACEAE 碗蕨科

17. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. 栗蕨
18. *Microlepia marginata* (Panzer) C. Chr. 邊緣鱗蓋蕨
19. *Microlepia strigosa* (Thunb.) Presl 粗毛鱗蓋蕨
20. *Monachosorum henryi* Christ 稀子蕨

9. LINDSAEACEAE 陵齒蕨科

21. *Sphenomeris chusana* (L.) Copel. 烏蕨

10. DAVALLIACEAE 骨碎補科

22. *Araiostegia parvipinnata* (Hayata) Copel. 小膜蓋蕨

11. OLEANDRACEAE 蓀蕨科

23. *Arthropteris palisotii* (Desv.) Alston 藤蕨
24. *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl 腎蕨
12. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科
25. *Pteris biaurita* L. 弧脈鳳尾蕨
26. *Pteris dispar* Kunze 天草鳳尾蕨
13. ADIANTACEAE 鐵線蕨科
27. *Adiantum caudatum* L. 鞭葉鐵線蕨
28. *Coniogramme intermedia* Heiron. 華鳳了蕨
14. VITTARIACEAE 書帶蕨科
29. *Antrophyum formosanum* Heron. 臺灣車前蕨
15. BLECHNACEAE 烏毛蕨科
30. *Blechnum orientale* L. 烏毛蕨
31. *Woodwardia kempii* Copel. 細葉狗脊蕨
32. *Woodwardia orientalis* Sw. var. *formosana* Rosenst. 東方狗脊蕨
16. ASPIDIACEAE 三叉蕨科
33. *Hemigramma decurrens* (Hook.) Copel 沙皮蕨
34. *Tectaria polymorpha* (Wall.) Copel. 南投三叉蕨
35. *Tectaria subtriphylla* (Hook. & Arn.) Copel. 三叉蕨
17. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科
36. *Arachniodes aristata* (G. Forst.) Tindle 細葉複葉耳蕨
37. *Arachniodes pseudo-aristata* (Tagawa) Ohwi 小葉複葉耳蕨
38. *Arachniodes rhomboides* (Wall. ex Mett.) Ching 斜方複葉耳蕨
39. *Dryopteris formosana* (H. Christ) C. Chr. 臺灣鱗毛蕨
40. *Dryopteris lepidopoda* Hayata 厚葉鱗毛蕨
41. *Dryopteris sordidipes* Tagawa 落鱗鱗毛蕨
42. *Dryopteris sparsa* (D. Don) Kuntze 長葉鱗毛蕨
43. *Dryopteris varia* (L.) Kuntze 南海鱗毛蕨
18. LOMARIOPSIDACEAE 羅蔓藤蕨科
44. *Elaphoglossum yoshinagae* (Yatabe) Makino 舌蕨
19. THELYPTERIDACEAE 金星蕨科
45. *Cyclosorus acuminatus* (Houtt.) Nakai ex H. Ito 小毛蕨
46. *Cyclosorus dentatus* (Forssk.) Ching 野毛蕨
47. *Cyclosorus parasiticus* (L.) Farw. 密毛毛蕨
48. *Phegopteris decursive-pinnata* (H. C. Hall) Fee 翅軸假金星蕨
20. ATHYRIACEAE 蹄蓋蕨科
49. *Athyrium japonicum* (Thunb.) Copel. 假蹄蓋蕨

50. *Diplazium dilatatum* Blume 廣葉鋸齒雙蓋蕨
51. *Diplazium doederleinii* (Luer) Makino 德氏雙蓋蕨

21. ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

52. *Asplenium antiquum* Makino 山蘇花
53. *Asplenium normale* D. Don 生芽鐵角蕨
54. *Asplenium trichomanes* L. 鐵角蕨
55. *Asplenium wrightii* Eaton ex Hook. 萊氏鐵角蕨

22. DIPTERIDACEAE 雙扇蕨科

56. *Dipteris conjugata* Reinw. 雙扇蕨

23. CHEIROPLEURIACEAE 燕尾蕨科

57. *Cheiropleuria bicuspidata* (Bl.) Presl 燕尾蕨

24. POLYPODIACEAE 水龍骨科

58. *Colysis wrightii* (Hook.) Ching 萊氏線蕨
59. *Lemmaphyllum microphyllum* Presl 伏石蕨
60. *Lepisorus monilisorus* (Hayata) Tagawa 擬菱瓦韋
61. *Lepisorus pseudo-ussuriensis* Tagawa 擬烏蘇里瓦韋
62. *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching 瓦韋
63. *Microsorium buergerianum* (Miq.) Ching 波氏星蕨
64. *Polypodium formosanum* Baker 臺灣水龍骨
65. *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farw. 石韋

裸子植物

25. PINACEAE 松科

66. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松

26. TAXODIACEAE 杉科

67. *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don 柳杉

雙子葉植物

27. MORACEAE 桑科

68. *Ficus ampelas* Burm. f. 菲律賓榕
69. *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛奶榕
70. *Ficus pumila* L. 薔荔
71. *Ficus sarmentosa* B. Ham. ex J. E. Sm. var. *henryi* (King ex D. Oliver) Corner 阿里山珍珠蓮
72. *Ficus sarmentosa* B. Ham. ex J. E. Sm. var. *nipponica* (Fr. & Sav.) Corner 珍珠蓮

28. URTICACEAE 蕁麻科

73. *Boehmeria densiflora* Hook. & Arn. 木苧麻

74. *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq 青芋麻
75. *Debregeasia orientalis* C. J. Chen 水麻
76. *Dendrocnide meyeniana* (Walp.) Chew 咬人狗
77. *Elatostema lineolatum* Wight var. *majus* Wedd. 冷清草
78. *Gonostegia hirta* (Bl.) Miq. 糯米團
79. *Nanocnide japonica* Bl. 花點草
80. *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam. 長梗紫麻
81. *Pellionia radicans* (Sieb. & Zucc.) Wedd. 赤車使者
82. *Pellionia scabra* Benth. 糙葉赤車使者
83. *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen 短角冷水麻
84. *Pilea matsudai* Yamamoto 細尾冷水麻
85. *Pilea melastomoides* (Poir.) Wedd. 大冷水麻
86. *Pilea peploides* (Gaudich.) Hook. & Arn. var. *major* Wedd. 齒葉矮冷水麻
29. PROTEACEAE 山龍眼科
87. *Helicia formosana* Hemsl. 臺灣山龍眼
30. BALANOPHORACEAE 蛇菰科
88. *Balanophora laxiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 穗花蛇菰
31. POLYGONACEAE 蓼科
89. *Polygonum chinense* L. 火炭母草
90. *Polygonum trigonocarpum* (Makino) Kudo & Masam. 細葉蓼
91. *Rumex crispus* L. var. *japonicus* (Houtt.) Makino 羊蹄
32. CARYOPHYLLACEAE 石竹科
92. *Stellaria media* (L.) Vill. 繁縷
93. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷
33. AMARANTHACEAE 莧科
94. *Achyranthes aspera* L. var. *rubro-fusca* Hook. f. 紫莖牛膝
34. SCHISANDRACEAE 五味子科
95. *Schisandra arisanensis* Hayata 北五味子
35. LAURACEAE 樟科
96. *Cinnamomum camphora* (L.) Presl. 樟樹
97. *Lindera communis* Hemsl. 香葉樹
98. *Litsea acuminata* (Bl.) Kurata 竹葉楠
99. *Machilus japonica* Sieb. & Zucc. var. *kusanoi* (Hayata) Liao 大葉楠
100. *Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc. 豬腳楠
101. *Machilus zuihoensis* Hayata 香楠
36. TROCHODENDRACEAE 昆欄樹科
102. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 昆欄樹

37. RANUNCULACEAE 毛茛科

- 103. *Ranunculus cantoniensis* DC. 禺毛茛
- 104. *Ranunculus japonicus* Thunb. 毛茛
- 105. *Ranunculus silerifolius* Lev. 鉤柱毛茛
- 106. *Thalictrum urbaini* Hayata 傅氏唐松草

38. LARDIZABALACEAE 木通科

- 107. *Stauntonia obovatifoliola* Hayata 石月

39. MENISPERMACEAE 防己科

- 108. *Cyclea gracillima* Diels 土防己
- 109. *Pericampylus formosanus* Diels 細圓藤

40. PIPERACEAE 胡椒科

- 110. *Piper kadsura* (Choisy) Ohwi 風藤
- 111. *Piper sintenense* Hatusima 薄葉風藤

41. CHLORANTHACEAE 金粟蘭科

- 112. *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai 紅果金粟蘭

42. ARISTOLOCHIACEAE 馬兜鈴科

- 113. *Asarum macranthum* Hook. f. 大花細辛

43. ACTINIDIACEAE 獼猴桃科

- 114. *Actinidia callosa* Lindl. var. *callosa* 硬齒獼猴桃
- 115. *Saurauia tristylia* DC. var. *oldhamii* (Hemsl.) Finet & Gagnep. 水冬瓜

44. THEACEAE 茶科

- 116. *Adinandra formosana* Hayata 臺灣楊桐
- 117. *Camellia sinensis* (L.) Ktze. f. *formosensis* Kitam. 臺灣山茶
- 118. *Cleyera japonica* Thunb. 紅淡比
- 119. *Cleyera japonica* Thunb. var. *morii* (Yamamoto) Masam. 森氏紅淡比
- 120. *Eurya acuminata* DC. 銳葉柃木
- 121. *Eurya chinensis* R. Br. 中國柃木
- 122. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 賽柃木
- 123. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木
- 124. *Eurya gnaphalocarpa* Hayata 菱葉柃木
- 125. *Eurya loquaiana* Dunn 細枝柃木
- 126. *Eurya nitida* Korthals 光葉柃木
- 127. *Gordonia axillaris* (Roxb.) Dietr. 大頭茶

45. GUTTIFERAE=CLUSIACEAE 金絲桃科

- 128. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃

46. DROSERACEAE 茅膏菜科

129. *Drosera burmanni* Vahl 金錢草

47. FUMARIACEAE 紫堇科

130. *Corydalis pallida* (Thunb.) Pers. 黃堇

48. CRUCIFERAE=BRASSICACEAE 十字花科

131. *Cardamine flexuosa* With. 焊菜

49. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

132. *Astilbe longicarpa* (Hayata) Hayata 落新婦
133. *Hydrangea angustipetala* Hayata 狹瓣八仙花
134. *Hydrangea chinensis* Maxim. 華八仙
135. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球
136. *Itea parviflora* Hemsl. 小花鼠刺
137. *Pileostegia viburnoides* Hook. f. & Thoms. 阿里山青棉花

50. ROSACEAE 薔薇科

138. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花
139. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. 墨點櫻桃
140. *Rubus buergeri* Miq. 寒莓
141. *Rubus corchorifolius* L. f. 變葉懸鉤子
142. *Rubus croceacanthus* Levl. var. *croceacanthus* 虎婆刺
143. *Rubus kawakamii* Hayata 桑葉懸鉤子
144. *Rubus liuii* Yang & Lu 柳氏懸鉤子
145. *Rubus pectinellus* Maxim. 刺萼寒莓
146. *Rubus pyrifolius* J. E. Sm. 梨葉懸鉤子
147. *Rubus sumatranus* Miq. 腺萼懸鉤子
148. *Rubus swinhoei* Hance 斯氏懸鉤子

51. LEGUMINOSAE=FABACEAE 豆科

149. *Bauhinia variegata* L. 羊蹄甲

52. OXALIDACEAE 酢漿草科

150. *Oxalis corniculata* L. 酢醬草
151. *Oxalis corymbosa* DC. 紫花酢醬草

53. EUPHORBIACEAE 大戟科

152. *Glochidion acuminatum* Muell.-Arg. 裡白饅頭果
153. *Glochidion rubrum* Bl. 細葉饅頭果
154. *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐
155. *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg. 白匏子
156. *Mallotus repandus* (Willd.) Muell.-Arg. 扛香藤
157. *Melanolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reich. f. & Zoll. 蟲屎

54. DAPHNIPHYLLACEAE 虎皮楠科
 158. *Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang var. *oldhamii* (Hemsl.) Huang 俄氏虎皮楠
55. RUTACEAE 芸香科
 159. *Zanthoxylum scandens* Bl. 藤崖椒
56. ANACARDIACEAE 漆樹科
 160. *Rhus ambigua* Lav. ex Dipped. 臺灣藤漆
57. ACERACEAE 槭樹科
 161. *Acer kawakamii* Koidzumi 尖葉槭
 162. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭
 163. *Acer serrulatum* Hayata 青楓
58. SABIACEAE 清風藤科
 164. *Meliosma squamulata* Hance 綠樟
 165. *Sabia swinhoei* Hemsl. 臺灣清風藤
59. AQUIFOLIACEAE 冬青科
 166. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈稱花
 167. *Ilex ficoidea* Hemsl. 臺灣糊櫨
60. STAPHYLEACEAE 省沽油科
 168. *Euscaphis japonica* (Thunb.) Kanitz 野鴨椿
 169. *Turpinia formosana* Nakai 臺灣山香圓
61. VITACEAE 葡萄科
 170. *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. 烏斂莓
 171. *Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. & Zucc.) Planch. 地錦
 172. *Tetrastigma formosanum* (Hemsl.) Gagnep. 三葉崖爬藤
 173. *Tetrastigma umbellatum* (Hemsl.) Nakai 臺灣崖爬藤
62. ELAEOCARPACEAE 杜英科
 174. *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc. 薯豆
 175. *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir. 杜英
63. STERCULIACEAE 梧桐科
 176. *Reevesia formosana* Sprague 臺灣梭羅樹
64. ELAEAGNACEAE 胡頹子科
 177. *Elaeagnus glabra* Thunb. 藤胡頹子
65. VIOLACEAE 堇菜科
 178. *Viola adenothrix* Hayata 喜岩堇菜

179. *Viola arcuata* Bl. 如意草
66. BEGONIACEAE 秋海棠科
180. *Begonia formosana* (Hayata) Masam. 水鴨腳
67. CUCURBITACEAE 葫蘆科
181. *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino 絞股藍
182. *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽
183. *Trichosanthes cucumeroides* (Ser.) Maxim. ex Fr. & Sav. 王瓜
184. *Trichosanthes homophylla* Hayata 芋葉栝樓
68. MELASTOMATACEAE 野牡丹科
185. *Blastus cochinchinensis* Lour. 柏拉木
186. *Melastoma candidum* D. Don 野牡丹
187. *Pachycentria formosana* Hayata 臺灣厚距花
188. *Sarcopyramis napalensis* Wall. var. *bodinieri* Levl. 肉穗野牡丹
69. CORNACEAE 山茱萸科(四照花科)
189. *Aucuba chinensis* Benth. 桃葉珊瑚
190. *Aucuba japonica* Thunb. 東瀛珊瑚
70. ARALIACEAE 五加科
191. *Aralia bipinnata* Blanco 裡白蔥木
192. *Aralia decaisneana* Hance 鵲不踏
193. *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr. 臺灣樹參
194. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤
195. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 江茱萸
71. UMBELLIFERAE=APIACEAE 繖形科
196. *Centella asiatica* (L.) Urban 雷公根
197. *Hydrocotyle nepalensis* Hook. 乞食碗
198. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽
199. *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 天胡荽
200. *Oenanthe javanica* (Bl.) DC. 水芹菜
72. ERICACEAE 杜鵑花科
201. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木
202. *Rhododendron oldhamii* Maxim. 金毛杜鵑
203. *Rhododendron leptosanctum* Hayata 西施花
73. MYRSINACEAE 紫金牛科
204. *Ardisia crenata* Sims 珠砂根
205. *Ardisia crispa* (Thunb.) A. DC. 百兩金
206. *Ardisia sieboldii* Miq. 樹杞
207. *Embelia lenticellata* Hayata 賽山椒

208. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi ex Zoll. 日本山桂花
 209. *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. var. *formosana* (Mez) Yuen P. Yang
 臺灣山桂花
 210. *Myrsine seguinii* H. Levl. 大明橘
74. EBENACEAE 柿樹科
 211. *Diospyros morrisiana* Hance 山紅柿
75. STYRACACEAE 安息香科
 212. *Styrax formosana* Matsum. 烏皮九芎
76. SYMPLOCACEAE 灰木科
 213. *Symplocos grandis* Hand.-Mazz. 大葉灰木
 214. *Symplocos setchuensis* Brand 四川灰木
77. OLEACEAE 木犀科
 215. *Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P. S. Green 異葉木犀
78. GENTIANACEAE 龍膽科
 216. *Tripterospermum alutaceifolium* (T. S. Liu & Chiu C. Kuo) J. Murata
 臺北肺形草
79. APOCYNACEAE 夾竹桃科
 217. *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lemaire 絡石
80. ASCLEPIADACEAE 蘿藦科
 218. *Dischidia formosana* Maxim. 風不動
 219. *Marsdenia tinctoria* R. Brown 絨毛芙蓉蘭
81. RUBIACEAE 茜草科
 220. *Damnacanthus angustifolius* Hayata 無刺伏牛花
 221. *Lasianthus fordii* Hance 琉球雞屎樹
 222. *Lasianthus formosensis* Matsum. 臺灣雞屎樹
 223. *Mussaenda pubescens* Ait. f. 玉葉金花
 224. *Ophiorrhiza japonica* Blume 蛇根草
 225. *Paederia foetida* L. 雞屎藤
 226. *Psychotria rubra* (Lour.) Poir. 九節木
 227. *Psychotria serpens* L. 風不動藤
 228. *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr. 茜草樹
 229. *Tricalysia dubia* (Lindl.) Ohwi 狗骨仔
 230. *Wendlandia formosana* Cowan 水金京
82. CONVULVULACEAE 旋花科
 231. *Ipomoea indica* (Burm. f.) Merr. 銳葉牽牛

83. VERBENACEAE 馬鞭草科

232. *Callicarpa formosana* Rolfe 臺灣紫珠
233. *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz. 大青

84. LABIATAE = LAMIACEAE 唇形科

234. *Clinopodium chinense* (Benth.) Kuntze 風輪菜
235. *Melissa axillaris* Bakh. f. 蜜蜂花

85. SOLANACEAE 茄科

236. *Solanum diphyllum* L. 瑪瑙珠

86. SCROPHULARIACEAE 玄參科

237. *Lindernia crustacea* (L.) F. Muell. 藍豬耳
238. *Mazus fauriei* Bonati 佛氏通泉草
239. *Paulownia fortunei* Hemsl. 泡桐
240. *Torenia concolor* Lindl. 倒地蜈蚣
241. *Veronica didyma* Tenore 婆婆納

87. ACANTHACEAE 爵床科

242. *Justicia procumbens* L. 爵床
243. *Strobilanthes flexicaulis* Hayata 曲莖馬藍

88. GESNERIACEAE 苦苣苔科

244. *Rhynchoglossum obliquum* Blume var. *hologlossum* (Hayata) W. T. Wang 尖舌草
245. *Rhynchotechum discolor* (Maxim.) Burt f. *incisum* (Ohwi) Hatus. ex J. C. Wang 同蕊草

89. PLANTAGINACEAE 車前科

246. *Plantago asiatica* L. 車前草

90. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科

247. *Lonicera japonica* Thunb. 忍冬
248. *Sambucus chinensis* Lindl. 有骨消
249. *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder 太平山英蒨
250. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋英蒨
251. *Viburnum betulifolium* Batal. 樺葉英蒨

91. CAMPANULACEAE 桔梗科

252. *Lobelia nummularia* Lam. 普刺特草

92. COMPOSITAE = ASTERACEAE 菊科

253. *Artemisia indica* Willd. 艾
254. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭
255. *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. 大花咸豐草

256. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. 加拿大蓬
 257. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野茼蒿
 258. *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore 昭和草
 259. *Crepidiastrum lanceolatum* (Houtt.) Nakai 細葉假黃鵪菜
 260. *Eupatorium formosanum* Hayata 臺灣澤蘭
 261. *Eupatorium clematideum* (Wall. ex DC.) Sch. Bip. 田代氏澤蘭
 262. *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. 山菊
 263. *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. var. *formosanum* (Hayata) Kitam.
 臺灣山菊
 264. *Galinsoga parviflora* Cav. 小米菊
 265. *Gnaphalium luteoalbum* L. subsp. *affine* (D. Don) Koster 鼠麴草
 266. *Mikania micrantha* H. B. K. 小花蔓澤蘭
 267. *Petasites formosanus* Kitam. 臺灣款冬
 268. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜
 269. *Pterocypsela formosana* (Maxim.) C. Shih 臺灣山苦蕒

單子葉植物

93. LILIACEAE 百合科

270. *Dianella ensifolia* (L.) DC. 桔梗蘭
 271. *Ophiopogon intermedius* D. Don 間型沿階草
 272. *Paris polyphylla* Sm. 七葉一枝花
 273. *Polygonatum odoratum* (Miller) Druce. var. *pluriflorum* (Miq.) Ohwi 姜蕤
 274. *Helonias umbellata* (Baker) N. Tanaka 臺灣胡麻花

94. SMILACACEAE 菝葜科

275. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝葜
 276. *Smilax bracteata* Prest var. *verruculosa* (Merr.) T. Koyama 糙莖菝葜
 277. *Smilax china* L. 菝葜
 278. *Smilax elongato-umbellata* Hayata 細葉菝葜
 279. *Smilax glabra* Roxb. 光滑菝葜
 280. *Smilax lanceifolia* Roxb. 臺灣菝葜
 281. *Smilax riparia* A. DC. 烏蘇里山馬薯

95. COMMELINACEAE 鴨跖草科

282. *Amischotolype chinensis* (N. E. Br.) E. Walker ex Hatus. 中國穿鞘花
 283. *Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz. 水竹葉
 284. *Murdannia spirata* (L.) Bruckn. 矮水竹葉
 285. *Polia miranda* (H. Lev.) H. Hara 小杜若
 286. *Tradescantia fluminensis* Vell. 巴西水竹葉

96. CYPERACEAE 莎草科

287. *Carex baccans* Nees 紅果薹
 288. *Carex cruciata* Wahl. 煙火薹

97. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科

289. *Arundo formosana* Hack. 臺灣蘆竹
 290. *Cyrtococcum accrescens* (Trin.) Stapf 散穗弓果黍
 291. *Cyrtococcum patens* (L.) A. Camus 弓果黍
 292. *Eragrostis tenella* (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult. 鯽魚草
 293. *Miscanthus sinensis* Andersson var. *glaber* Nakai 白背芒
 294. *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv. 竹葉草
 295. *Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv. 求米草
 296. *Paspalum conjugatum* Bergius 兩耳草
 297. *Pseudosasa usawai* (Hayata) Makino & Nemoto 包籜矢竹
 298. *Setaria palmifolia* (J. König.) Stapf 棕葉狗尾草

98. ARACEAE 天南星科

299. *Alocasia odora* (Lodd.) Spach. 姑婆芋
 300. *Arisaema ringens* (Thunb.) Schott 申跋
 301. *Colocasia formosana* Hayata 山芋
 302. *Epipremnum pinnatum* (L.) Engl. ex Engl. & Kraus 鈴樹藤
 303. *Pothos chinensis* (Raf.) Merr. 柚葉藤

99. ZINGIBERACEAE 薑科

304. *Alpinia formosana* K. Schum. 臺灣月桃
 305. *Alpinia intermedia* Gagn. 山月桃
 306. *Alpinia shimadae* Hayata var. *shimadae* 島田氏月桃

100. ORCHIDACEAE 蘭科

307. *Calanthe arisanensis* Hayata 阿里山根節蘭
 308. *Calanthe speciosa* (Bl.) Lindl. 臺灣根節蘭
 309. *Cephalantheropsis gracilis* (Lindl.) S. Y. Hu 綠花肖頭蕊蘭
 310. *Eria corneri* Reichb. F. 黃絨蘭
 311. *Goodyera velutina* Maxim. 烏嘴蓮
 312. *Liparis elliptica* Wight 扁球羊耳蒜
 313. *Liparis nervosa* (Thunb.) Lindl. 紅花羊耳蒜

附表 1. 陽明山昆欄樹植群調查之植物名錄各分類群統計表

植物類別	科數	屬數	種數(含以下分類群)
蕨類植物	24	39	65
裸子植物	2	2	6
被子植物			
雙子葉植物	66	141	202
單子葉植物	8	30	44
總 計	100	212	313

附錄三、雙向矩陣群團分析植物學名縮寫對照表

學名縮寫	植物名稱	學名縮寫	植物名稱	學名縮寫	植物名稱
PSYRUB	九節木	MACZUI2	香楠	VIBBET	樺葉莢迷
CYCGRA	土防己	AUCCHI	桃葉珊瑚	ILEASP	燈稱花
MYRSEQ	大明橘	STYFOR2	烏皮九芎	ELAJAP	薯豆
SYMGRA	大葉灰木	HYDANG	狹瓣八仙花	EURCRE	賽矜木
MACJAP1	大葉楠	EURLOQ	細枝矜木	MELMUL	蟲屎
GORAXI	大頭茶	GLORUB	細葉饅頭果	ELAGLA	藤胡頹子
ITEPAR	小花鼠刺	MELCAN	野牡丹		
COLFOR2	山芋	MALJAP	野桐		
DIOMOR	山红柿	EUSJAP	野鴨椿		
PRUCAM	山櫻花	CLEJAP1	森氏紅淡比		
EURCHI	中國矜木	CYALEP	筆筒樹		
SAUTRI	水冬瓜	HYDCHI	華八仙		
WENFOR	水金京	EURGNA	菱葉矜木		
FICERE1	牛奶榕	TROARA	昆欄樹		
MALPAN2	白匏子	ARABIP	裡白蔥木		
EURNIT2	光葉矜木	GLOACU	裡白饅頭果		
ACEKAW	尖葉槭	PINTAI	臺灣二葉松		
SCHOCT	江某	TURFOR	臺灣山香圓		
LITACU2	竹葉楠	MAEPER2	臺灣山桂花		
RHOLEP	西施花	HELFOR1	臺灣山龍眼		
VIBLUZ2	呂宋莢迷	PACFOR	臺灣厚距花		
ELASYL1	杜英	ACEMOR	臺灣紅榨槭		
AUCJAP	東瀛珊瑚	PIETAI	臺灣馬醉木		
RHOOLD	金毛杜鵑	CYASPI	臺灣杪櫨		
OREPED	長梗紫麻	ADIFOR3	臺灣楊桐		
ACESER	青楓	ILEFIC	臺灣糊櫨		
DAPGLA2	俄氏虎皮楠	DENDEN	臺灣樹參		
DENMEY	咬人狗	PRUPHA1	墨點櫻桃		
CRYJAP2	柳杉	CINCAM1	樟樹		
CLEJAP2	紅淡比	EURACU	銳葉矜木		
MACTHU	紅楠	ARDSIE	樹杞		

附錄四、審查會議紀錄

一、期初審查會議記錄

103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案 期初審查會議紀錄

壹、時間：103 年 2 月 19（星期三）上午 10 時整

貳、地點：本處二樓會議室

參、主持人：陳處長茂春 詹德樞

記錄：陳宏豪 陳宏豪

肆、出席（列席）席單位及人員

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
國立臺灣師範大學 生命科學系 黃生	名譽教授	黃生
國際珍古德教育及保育協 會中華民國總會 金恆鏞	理事長	金恆鏞
國立臺灣大學森林環境暨 資源學系 王亞男	教授	王亞男
國立中興大學	副研究員	邱清安
相關列席單位（NGO 團體）		
本處 詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		

環境維護課		
遊憩服務課	技士	黃 歆雅
解說教育課	技士	劉明佑 韓志利
小油坑管理站	主任	黃超然
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站	主任	陳彥伯
陽明書屋管理站	主任	呂建昌
行政室		
主計室		
人事室		
資訊室		
保育研究課	課長	邱淑英
	技士	陳宏豪
	技士	吳雅靜

伍、受託單位報告：(略)

陸、討論：

王亞男委員：

1. 由本計劃之研究發現：臺灣之昆欄樹可能自日本傳播而來是否有正確的證據？如有證據則”可能”改為”證明”，否則能否找出支持這個說法的證據？
2. 陽明山昆欄樹為全球僅見的”純林”，能否試著找出其形成純林的關鍵因子？
3. 調查分析目前陽明山昆欄樹族群結構(面積、數量、樹齡)，供未來預測族群變化之基本資料參考。
4. 臺灣中部昆欄樹族群遺傳歧異度高，除了是冰河時期時的避難所，是否為臺灣昆欄樹之中心，能否試著了解？
5. 如可能，建議調查時調查小苗數量、種子數量…可供族群變化(動態)之參考。
6. 建議可從花粉學文獻調查昆欄樹與氣候變遷關係。

受託單位回應：

1. 臺灣之昆欄樹由日本傳播而來之描述，是過去有關昆欄樹遺傳學之研究結果，本計畫儘可能蒐集相關研究並加以回顧整理呈現。
2. 將於期中或期末報告闡述此現象。
3. 將以徑級分布在期中或是期末報告作呈現。
4. 據相關文獻顯示，冰河期過後昆欄樹由臺灣中部往北邊及南邊擴散。
5. 將以調查結果呈現是否有更新現象。
6. 參照辦理。

金恆鑣委員：

1. 報告書應增加摘要。
2. 樣區調查的資料(數據)建議用表呈現，每區的植物的物種名，其大小(DBH 胸高直徑)，株數等資料。
3. 本案重點是陽明山”昆欄樹”的研究，全省其它分佈地點或其它資料可作為比較之用。

受託單位回應：

1. 期中期末報告將增加摘要部份

]

2. 每個樣區 GPS 及各樣區調查的 Raw data 將提供給管理處，並呈現徑級分布資料。

3. 遵照辦理。

黃生委員：

1. 陽明山的昆欄樹宜看成一個族群各分佈點應是為”亞族群”，故樣區宜掌握”變因”設置之。
2. 本計劃之昆欄樹共存(coexist)物種較重要的是紅楠，兩者之 Realized niche 位在 724-833m 海拔之間，兩者有無相關，宜作研究。
3. Cluster analysis 物種代號請考慮環境教育應用性

受託單位回應：

1. 未來報告將以昆欄樹”亞族群”來說明。
2. 取樣將集中在海拔 720-800m 間，紅楠將一併調查作成紀錄並呈現。
3. 此部分將做改進。

呂理昌主任:七星山主峰、東峰、南峰間的凹谷及小油坑鴨池附近 2 處為園區內昆欄樹族群密集區域，建議納入樣區。

受託單位回應：遵照辦理，樣區將調查昆欄樹徑級及小苗資料。

羅淑英課長；請說明臺灣的昆欄樹由日本傳播而來與臺灣中部昆欄樹具高遺傳歧異度特性之間的關係。

受託單位回應：

根據文獻資料昆欄樹由日本往南傳播至臺灣，冰河期期間部分存活於臺灣中部，間冰期再由臺灣中部往南北擴散，甚至有文獻指出日本南端西表島的昆欄樹遺傳因子較近於臺灣，此部分詳細說明將以文獻回顧補充在期中報告中。

柒、結論：

- 一、依委員建議修改報告書圖表文字，參照委員建議作為爾後研究方向與內容。
- 二、本案期初審查會議通過，請依計劃執行並依合約規定辦理第一款撥付事宜。

]

捌、散會(上午11點20分)。

]

二、期中審查會議記錄

103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案期中審查會議紀錄

壹、時間：103 年 8 月 4 日（星期一）下午 2 時

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：陳處長茂春

肆、議程：

一、主席宣佈開會。

二、業務單位報告：(略)。

三、受託單位簡報：(略)。

四、審查意見及綜合討論。

(一)黃委員生

1. 樣區地點請以圖示加以標出，亦可進行微生育地的分析，例如北坡、南坡樣區昆欄樹族群分析。
2. 第 45 頁圖 22 橫向座標軸，應是各地區距離陽明山的距離，請標示出，看是否有無相關性，如此才能進一步解釋「北降現象」。
3. 圖表的表達需符合研究數據之呈現。

(二)王委員亞男

1. 本計畫已進行昆欄樹分佈地點、族群數量、植群結構及組成、自然資源資料庫等項目，已符合期中審查要項。
2. 期末報告可加強昆欄樹在陽明山以外之其他地區分佈環境上之差異、比較與分析昆欄樹分佈之環境、生態，探討海拔及其他因子之影響。
3. 昆欄樹之結實、天然更新資料可再多予蒐集，並探討天然更新之可能原因為何？
4. 昆欄樹與臺灣赤楊出現之環境究竟相似或不同？因為在昆欄樹出現地區，甚少看到臺灣赤楊。
5. 本計畫可再蒐集、分析更多資料，供模擬未來氣候變遷後昆欄樹

分佈參考依據。

(三)羅課長淑英：報告書中提到 APG 分類系統認為昆欄樹不再是原始分類群，請問目前認為昆欄樹是古老孑遺植物的說法是否需要修正。

(四)呂主任理昌：昆欄樹在日本分佈緯度最高在那個地方？可否做為景觀植物？有無繁殖、育林的參考資料？

(五)叢秘書培芝：

1. 將本種與中南部陽性樹種「臺灣赤楊」作比較，是否僅陽光需求之差異？另有如「山黃麻」是全臺分佈的陽性樹種，陽明山也很多，稱本種為陽性樹種是否妥適？
2. 報告指出台灣中部可能是冰期時昆欄樹族群的避難所，再向本島兩端擴展，是否有相關證據？
3. 看起來本區純林是早期更新的結果，但似乎慢慢擴張，森林界線有沒有上推的證據？

(六)陳處長茂春：七星山昆欄樹純林的小苗少、更新情形不佳，但是純林面積又有擴張的趨勢，可否提出一些解釋。

➤ 受託單位回應：

1. 謝謝各位委員的意見，會把昆欄樹在臺灣分佈點的環境因子萃取出，並標示在地圖上呈現，以瞭解各樣區之微生育地環境因子與昆欄樹之關係。樣區的點位也會標示於地圖上。
2. 有關研究報告格式部分，會再次比對內政部的委託研究計畫規範。
3. 昆欄樹與臺灣赤楊的部分，可能不是很成熟的推論，但是目前在陽明山的觀察結果。昆欄樹的更新主要在林緣地區，但是又不像臺灣赤楊需要很強烈的陽光，而且昆欄樹小苗之發現地點通常是在較為潮濕之處、經常是有苔蘚的地點。
4. 在期末報告中會放上 APG III 對昆欄樹分類處理的資料作為佐證。
5. 昆欄樹在日本不常見，其分布的最北界會於期末報告中提供相關資料。先前的研究報告中，已指出昆欄樹亦為良好的景觀樹

種之一。而有關昆欄樹繁殖、育苗造林部分，可參考國立嘉義大學李明仁教授所進行的相關研究。

6. 有關昆欄樹的遷移路線是本計畫回顧前人研究、整理所得，從前人研究結果得知，臺灣中部的昆欄樹族群，有較多遺傳變異，可能是冰期時的避難所，於冰期後再往臺灣南北擴散。
7. 目前並無早期的相關資料可以比較七星山森林界線的移動變化；然而比較先前蘇鴻傑老師所拍相片與目前的昆欄樹林分之相片，可以推論雖然在昆欄樹純林中小苗之天然更新不佳，但七星山下昆欄樹生長良好，整體看來昆欄樹純林已較先前更為密集、鬱閉。

五、主席結論：

- (一)請受託單位依據審查委員意見及本處建議，納入參考及執行。
- (二)本期中審查會議通過，請依合約辦理撥付第二期款撥付事宜。

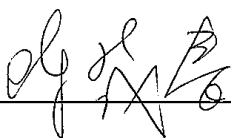
六、散會：(下午 3 時 30 分)。

103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案期中審查會議簽到單

壹、時間：103 年 8 月 4（星期一）下午 2 時整

貳、地點：本處二樓會議室

參、主持人：陳處長茂春



記錄：廖敏君

肆、出（列）席單位及人員

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
國立臺灣師範大學 生命科學系 黃生	名譽教授	
國際珍古德教育及保育協會 中華民國總會 金恆鏞	理事長	
國立臺灣大學森林環境暨 資源學系 王亞男	教授	王亞男
國立中興大學	副研究員	邱清安
本處 詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		
環境維護課		
遊憩服務課		
解說教育課	技士	翁明佑

]

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站		
擎天崗管理站	主任	陳齊伯
陽明書屋管理站	主任	李中良
行政室		
主計室		
人事室		
資訊室		
保育研究課	課長	羅淑英
	技士	廖敏君
	技士	茹雅靜

]

三、期末審查會議記錄

103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案期末審查會議紀錄

壹、時間：中華民國 103 年 12 月 8 日（星期一）下午 2 時

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處陳處長茂春

記錄：廖敏君

肆、議程：

一、主席宣佈開會。

二、業務單位報告：(略)。

三、受託單位簡報：(略)。

四、審查意見及綜合討論。

(一)金委員恆鑣

1. 宜瞭解陽明山地區之昆欄樹的族群有無衰退現象？後圖 3-5(p41) 看到 10 個「徑級」中，株數最多的是第 3、4 級(佔>50%)，可見天然更新仍在進行。
2. 為了解昆欄樹族群之活力，宜研究其物候學(開花、授粉、結實、播遷、種子發芽、小苗成長…等)，決定族群活力。此部分未來要進一步研究。
3. 建議一的監測宜更具體，監測項目與用途等。建議二的進行昆欄樹育苗，其目的為何？既然昆欄樹族群受到生存衝擊是來自氣候暖化，栽植的苗木難道可存於暖化的氣候，進而有助於減少其生存的衝擊。

(二)黃委員生

1. 第 V 頁摘要中「北降現象」尚無足夠證據。
2. 遺傳研究有「避難所」之假設，宜與「北降」假說比較之。

3. 在前人研究摘錄中，第 6 頁：土壤 pH 很低，昆欄樹佔優勢；第 12 頁(李明仁)育苗介於 pH6-8 較佳。此有相互矛盾之處。所摘錄之研究文獻有「推測(第 5 頁)」、「似乎也(第 11 頁)」…，宜加以說明或刪除。
4. 本報告採用模型推估未來分佈，仍有許多不確定性。
5. 植群分型建議將共存物種(coexist)的代表(指標)性列入考慮，如臺灣山香圓、野鴨椿。
6. 全篇報告可供相關研究參考，在做環境教育宣導資料前，需先評估各項假設的正確性，如北降現象之用語是否適宜。

(三)羅課長淑英：

1. 報告書中提到 APG 分類系統認為昆欄樹不再是原始分類群，請問目前認為昆欄樹是古老孑遺植物的說法是否需要修正。
2. 表 3-1，樣區位置請再詳細說明。
3. 資料庫的部分，除本處自然資料庫外，仍要請受託單位登錄營建署國家公園生物多樣性資料庫與知識平台。

(四)廖技士敏君：

1. 有關報告書格式，請與「內政部委託研究作業規定」相符。
2. 第 70 頁的建議，請分為「立即可行建議」、「中長期建議」及「主辦機關」、「協辦機關」。
3. 文中引用文獻(作者 年代)，中間是否要加「，」宜加以統一。

(五)叢秘書培芝：

1. 從資料顯示可否看出昆欄樹與雲霧帶的關係。
2. 昆欄樹做為指標物種及其純林應如何監測？

➤ 受託單位回應：

1. 昆欄樹為陽明山國家公園的重要代表性物種，不僅族群數量多、且有十分少見的純林，因此本計畫建議可針對昆欄樹純林加以監測，最基礎的做法即是瞭解純林之範圍，未來才能監測其變化。在建議中所提之嘗試進行昆欄樹之播種育苗及生長表現觀察等試驗，與委員意見是一致的，對於族群活力、物候學等仍須進一步

研究，未來才能對氣候變遷有所因應。

2. 「北降現象」在蘇鴻傑老師之報告即常提到，主要是在描述一些臺灣中部較高海拔的植物，出現於陽明山的較低海拔區域，不只是昆欄樹，也包括像是馬醉木等植物，並未涉及遺傳學上的研究。本計畫蒐集了大量數據，針對昆欄樹分布的海拔而言，很明顯的陽明山的昆欄樹分布之海拔低於臺灣中部山區。
3. 在前人研究回顧中，僅是儘可能忠實摘述其他學者之研究結果。另外，有關於昆欄樹之 APG III 分類處理意見雖然與以前不同，但昆欄樹仍是一種子遺植物。而有關於樣區的位置，在本計畫所提供之電子資料中有詳細的樣區座標，本計畫之成果會配合匯入國家公園資料庫及營建署資料庫中。報告書格式也會再次修正統一。
4. 植群分型結果之主要植物組成是由分析之重要值所擷取，我們會依照委員意見，加上臺灣山香圓、野鴨椿等重要的伴生物種。
5. 物種分布模擬就如同氣候的空間推估一樣，我們僅知少數有氣象站那點的資料，因此必須透過一些方法來達成全面資料的估算。然只要有推估模擬就一定會有誤差，包括對未來的氣候變遷也是，本計畫目前採用較完整的 10 種方法，儘可能去探討昆欄樹現今以及未來的分布。
6. 有關於昆欄樹與雲霧帶的關係是十分重要的議題，從觀察上來看，可以說昆欄樹是雲霧帶的指標植物，就如同檜木一樣，但其實目前要以數據分析來呈現昆欄樹與雲霧帶的關係仍有困難，因為單是雲霧帶本身就很難界定出精確的時空範圍。

五、主席結論：

- (一)請受託單位參酌審查委員意見及本處建議，修正研究報告書。
- (二)本會議審查通過，請依合約辦理第 3 期款撥付及結案事宜。

六、散會：(下午 3 時 30 分)。

103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案期末審查會議簽到單

壹、時間：中華民國 103 年 12 月 8（星期一）下午 2 時整

貳、地點：本處二樓會議室

參、主持人：本處陳處長茂春



記錄：廖敏君

肆、出（列）席單位及人員

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
國立臺灣師範大學 生命科學系 黃生	名譽教授	黃 生
國際珍古德教育及保育協會 中華民國總會 金恆鑑	理事長	金恆鑑
國立臺灣大學森林環境暨 資源學系 王亞男	教授	請假
國立中興大學		邱清平
本處 詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		
環境維護課		
遊憩服務課		
解說教育課	課長	韓志武

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站		
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站		
行政室		
主計室		
人事室		
資訊室		
保育研究課	課長	郭淑英
	技士	廖敏君
	技士	莊雅靜
	技士	游麗豪

（103 年度「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究案期末審查會議簽到單）

參考書目

1. Abdel-Dayem MS, Annajar BB, Hanafi HA, Obenauer PJ (2012) The potential distribution of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in Libya based on ecological niche model. *Journal of Medical Entomology* 49(3):739-745.
2. Allouche O, Tsoar A, Kadmon R (2006) Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232.
3. Alsos IG, Ehrich D, Thuiller W, Eidesen PB, Tribsch A, Schönswetter P, Brochmann C (2012) Genetic consequences of climate change for northern plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1735):2042-2051.
4. Andrews S (2009) Tree of the Year: *Trochodendron aralioides*. *Int. Dendrol. Society Year Book (International Dendrology Society Year Book)* 2009:27-48.
5. Angiosperm Phylogeny Group (APG) (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121.
6. Araújo MB, Pearson RG, Thuiller W, Erhard M (2005) Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1504-1513.
7. Araújo MB, Peterson AT (2012) Uses and misuses of bioclimatic envelope modelling. *Ecology* 93:1527–1539.
8. Austin MP (1992) Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling* 157:101-118.
9. Austin MP, Van Niel KP (2011) Improving species distribution models for climate change studies: variable selection and scale. *Journal of Biogeography* 38:1-8.
10. Beyer HL (2012) Geospatial Modelling Environment. Available at: <http://www.spatialecology.com>
11. Buckley LB, Waaser SA, MacLean HJ, Fox R (2011). Does including physiology improve species distribution model predictions of responses to recent climate change? *Ecology* 92(12):2214-2221.
12. Bufford DE, Hsieh CF, Huang TC, Kuoh CS, Ohashi H, Peng CI (eds) (2003) *Flora of Taiwan*, Volume 6, 2nd ed. Nation Taiwan University Press, Taipei, Taiwan.
13. Buisson L, Thuiller W, Casajus N, Lek S, Grenouillet G (2010). Uncertainty

- in ensemble forecasting of species distribution. *Global Change Biology* 16(4):1145-1157.
14. Chaw SM (1996) Trochodendraceae. *Flora of Taiwan* 2nd. ed. Vol. 2: 505-506. Edi. Comm., Dept. Bot., Nat. Taiwan Univ., Taipei.
 15. Chiou CR, Hsieh CF, Wang JC, Chen MY, Liu HY, Yeh CL, Yang SZ, Chen TY, Hsia YJ, Song GZM (2009) The first national vegetation inventory in Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science* 24:295-302.
 16. Chiu CA, Lin PH, Hsu CK, Shen ZH (2012) A novel thermal index improves prediction of vegetation zones: Associating temperature sum with thermal seasonality. *Ecological Indicators* 23:668-674.
 17. Chiu CA, Lin PH, Lu KC (2009) GIS-based tests for quality control of meteorological data and spatial interpolation of climate data: a case study in mountainous Taiwan. *Mountain Research and Development* 29(4):339-349.
 18. Chou CH, Chen TY, Liao CC, Peng CI (2000) Long-term ecological research in the Yuanyang Lake forest ecosystem I. Vegetation composition and analysis. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41:61-72.
 19. Cronquist A (1981) *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York: Columbia University Press.
 20. Díaz-Gómez DL, Toxopeusa AG, Groena TA, Muñozb AR, Skidmorea AK, Realc R (2013) Measuring the Insecurity Index of species in networks of protected areas using species distribution modeling and fuzzy logic: The case of raptors in Andalusia. *Ecological Indicators* 26:174-182.
 21. Dormann CF (2011) Modelling species' distributions. In: Jopp F, Reuter H, Breckling B (eds) *Modelling Complex Ecological Dynamics*. pp. 179-196. Springer-Verlag, Berlin.
 22. Ebeling SK, Welk E, Auge H, Bruehlheide H (2008) Predicting the spread of an invasive plant: combining experiments and ecological niche model. *Ecography* 31:709-719.
 23. Elith J, Graham C, the NCEAS species distribution modeling group (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
 24. Elith J, Leathwick JR (2009a) Conservation prioritisation using species distribution modelling. In: Moilanen A, Wilson KA, Possingham H (eds) *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools*. pp. 70-93. Oxford University Press, Oxford, UK.
 25. Elith J, Leathwick JR (2009b) Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40:677-697.

26. Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
27. Feeley KJ, Silman MR (2011) Keep collecting: accurate species distribution modelling requires more collections than previously thought. *Diversity and Distributions* 17:1132-1140.
28. Fielding AH, Bell JF (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
29. Fischera D, Thomasa SM, Niemitza F, Reinekingb B, Beierkuhnleina C (2011) Projection of climatic suitability for *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions. *Global and Planetary Change* 78:54-64.
30. Franklin J (2009) *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
31. Gallien L, Douzet R, Pratte S, Zimmermann NE, Thuiller W (2012) Invasive species distribution models – how violating the equilibrium assumption can create new insights. *Global Ecology and Biogeography* 21(11):1126-1136.
32. Guisan A, Thuiller W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993-1009.
33. Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
34. Guisan A, Zimmermann NE, Elith J, Graham CH, Phillips S, Peterson AT (2007) What matters for predicting the occurrences of trees: Techniques, data, or species' characteristics? *Ecological Monographs* 77:615-630.
35. Hatusima S (1971) *Flora of the Ryukyus (Including Amani Islands, Okinawa Islands and Sakishima Archipelago)*. Naha, Okinawa, Japan: Okinawa Society of Biological Education and Research. p. 275. [in Japanese]
36. Hernandez PA, Graham CH, Master LL, Albert DL (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
37. Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
38. Hirzel AH, Helfer V, Metral F (2001) Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling* 145:111-121.
39. Hirzel AH, Le Lay G (2008) Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology* 45(5):1372-1381.

40. Johnson CJ, Gillingham MP (2005) An evaluation of mapped species distribution models used for conservation planning. *Environmental Conservation* 32(2):117-128.
41. Kira T (1991) Forest ecosystems of east and southeast Asia in a global perspective. *Ecological Research* 6:185-200.
42. Lai YJ, Chou MD, Lin PH (2010) Parameterization of topographic effect on surface solar radiation. *Journal of Geophysical Research* 115:D01104.
43. Li HL, Chaw SM (1996) Trochodendraceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition (eds), *Flora of Taiwan*, 2nd edn., vol. 2. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition, Taipei, Taiwan. pp. 504-505.
44. Liao CC, Chou CH, Wu JT (2003) Population structure and substrates of Taiwan yellow false cypress (*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*) in Yuanyang lake nature reserve and nearby Szumakuszu, Taiwan. *Taiwania* 48(1):6-21.
45. Liu C, White M, Newell G (2009) Measuring the accuracy of species distribution models: a review. In: Anderssen RS, Braddock RD, Newham LTH (eds), 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation, July 2009. pp. 4241-4247.
46. Liu SC, Fu C, Chein JS, Chen JP, Wu F (2009) Temperature dependence of global precipitation extremes. *Geophysical Research Letters* 36(17):1-4.
47. Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Hortal J (2010) The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modelling. *Ecography* 33:103-114.
48. Lu AM, Li JQ, Chen ZD (1993) The origin and dispersal of the lower Hamamelidae. *Acta Phytotaxonomica Sinica* 31:489-504.
49. Mabberley DJ (1987) *The Plant-Book: a Portable Dictionary of the Higher Plants*. Cambridge: Cambridge University Press.
50. Mac Nally R (2002) Multiple regression and inference in ecology and conservation biology: further comments on identifying important predictor variables. *Biodiversity and Conservation* 11:1397-1401.
51. Manchester SR, Crane PR, Dilcher DL (1991) *Nordenskiöldia* and *Trochodendron* (Trochodendraceae) from the Miocene of northwestern North America. *Botanical Gazette* 152:357-368.
52. Manchester, S. R., & Chen, I. (2006). *Tetracentron* fruits from the Miocene of western North America. *International Journal of Plant Sciences* 167:601-

605.

53. Marmion M, Parviainen M, Luoto M, Heikkinen RK, Thuiller W (2009) Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15(1):59-69.
54. Martin J, Revilla E, Quenette PY, Naves J, Allainé D, Swenson JE (2012) Brown bear habitat suitability in the Pyrenees: transferability across sites and linking scales to make the most of scarce data. *Journal of Applied Ecology* 49:621-631.
55. McCune B, Mefford MJ (2011) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
56. Moudrý V, Šímová P (2012) Influence of positional accuracy, sample size and scale on modelling species distributions: a review. *International Journal of Geographical Information Science* 26(11):2083-2095.
57. Newbold T (2010) The value of species distribution models as a tool for conservation and ecology in Egypt and Britain. PhD thesis, University of Nottingham.
58. Ohwi J (1965) Trochodendraceae. In: Meyer FG, Walker EH (eds), *Flora of Japan*. Smithsonian Institution, Washington, DC. p. 438 [in English]
59. Peterson AT, Papeş M, Eaton M (2007) Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30:550-560.
60. Peterson AT, Soberon J, Pearson RG, Anderson RP, Martinez-Meyer E, Nakamura M, Araujo MB (2011) *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press, Princeton.
61. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
62. Phillips SJ, Dudik M (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
63. Pigg KB, Dillhoff RM, DeVore ML, Wehr WC (2007) New diversity among the Trochodendraceae from the early/middle Eocene Okanogan Highlands of British Columbia, Canada, and Northeastern Washington State, United States. *International Journal of Plant Sciences* 168:521-532.
64. Pigg KB, Wehr WC, Ickert-Bond SM (2001) *Trochodendron* and *Nordenskioldia* (Trochodendraceae) from the middle Eocene of Washington State, U.S.A. *International Journal of Plant Sciences* 162:1187-1198.
65. Pliscoff P, Luebert F, Hilger HH, Guisan A (2014) Effects of alternative sets of climatic predictors on species distribution models and associated estimates of extinction risk: A test with plants in an arid environment. *Ecological*

Modelling 288:166-177.

66. Porto TJ, Carnaval AC, da Rocha PLB (2013) Evaluating forest refugial models using species distribution models, model filling and inclusion: a case study with 14 Brazilian species. *Diversity and Distributions* 19(3):330-340.
67. Raes N, Roos MC, Slik JWF, Van Loon EE, Steege HT (2009) Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32:180-192.
68. Randin CF, Jaccard H, Vittoz P, Yoccoz NG, Guisan A (2009) Land use improves spatial predictions of mountain plant abundance but not presence-absence. *Journal of Vegetation Science* 20:996-1008.
69. Sangermano F, Eastman JR (2012) A GIS framework for the refinement of species geographic ranges. *International Journal of Geographical Information Science* 26:39-55.
70. Saupe EE, Barve V, Myers CE, Soberón J, Barve N, Hensz CM, Peterson AT, Owens HL, Lira-Noriega A (2012) Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling* 237-238:11-22.
71. Su HJ (1984a) Studies on the climate and vegetation type of the natural forests in Taiwan. (I) Analysis of the variation in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(3):1-14.
72. Su HJ (1984b) Studies on the climate and vegetation type of the natural forests in Taiwan. (II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4):57-73.
73. Su HJ (1985) Studies on the climate and vegetation type of natural forest in Taiwan (III) A scheme of geographical climatic regions. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 18(3):33-44.
74. Swets JA (1988) Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240:1285-1293.
75. Thuiller W (2003) BIOMOD – optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology* 9: 1353-1362.
76. Thuiller W, Lafourcade B, Engler R, Araujo MB (2009) BIOMOD – A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32:369-373.
77. Tyberghein L, Verbruggen H, Pauly K, Troupin C, Mineur F, De Clerck O (2012) Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography* 21:272-281.
78. Walker EH (1976) *Flora of Okinawa and the southern Ryukyu Islands*.

Smithsonian Institution Press.

79. Warren R, Van Der Wal J, Price J, Welbergen JA, Atkinson I, Ramirez-Villegas J, Osborn TJ, Jarvis A, Shoo LP, Williams SE, Lowe J (2013) Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change* 3:678-682.
80. Watling JI, Romañach SS, Bucklin DN, Speroterra C, Brandt LA, Pearlstine LG, Mazzotti FJ (2012) Do bioclimate variables improve performance of climate envelope models? *Ecological Modelling* 246:79-85.
81. Williams KJ, Belbin L, Austin MP, Stein JL, Ferrier S (2012) Which environmental variables should I use in my biodiversity model? *International Journal of Geographical Information Science* 26:2009-2047.
82. Wisz MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A (2008) Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14(5): 763-773.
83. Wu HC, Su HJ, Hu JM (2007) The identification of A-, B-, C-, and E-class MADS-box genes and implications for perianth evolution in the basal eudicot *Trochodendron aralioides* (Trochodendraceae). *International Journal of Plant Sciences* 168:775-799.
84. Wu JE, Huang S, Wang JC, Tong WF (2001) Allozyme Variation and the Genetic Structure of Populations of *Trochodendron aralioides*, a Monotypic and Narrow Geographic Genus. *Journal of Plant Research* 114:45-57.
85. Yang X, Lu S, Peng H (2008) Cytological studies on the eastern Asian family Trochodendraceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 158:332-335.
86. Young NE (2010) Regional Data Refine Local Abundance Models: Modeling Plant Species Abundance Distributions on the Central Plains. These, Department of Forest, Rangeland, and Watershed Stewardship, Colorado State University.
87. 王文巧 (2011) 運用 GIS 物種分布模型預測珍稀瀕危植物蘇鐵蕨之空間型態。國立中興大學森林學系碩士論文。
88. 王國雄 (1995) 陽明山國家公園特殊植物種類及其族群生態研究。陽明山國家公園管理處。
89. 王震哲 (2001) 陽明山國家公園磺嘴山生態保護區植物相調查。陽明山國家公園管理處。
90. 伍淑惠 (1999) 臺灣大學附設山地實驗農場梅峰地區植物相與植群研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
91. 吳瑞娥 (2000) 昆欄樹族群之遺傳變異及其相關類群親緣關係之研究。臺灣師範大學生物學系學位論文。
92. 吳維修、張藝翰、邱文良、黃曜謀 (2011) 陽明山國家公園西南區石松

- 類及蕨類植物調查。國家公園學報 21(1):35-46。
93. 呂金誠、歐辰雄、邱清安 (1998) 插天山自然保留區植群之研究 (二) 臺灣水青岡之族群組成。國立中興大學實驗林研究彙刊 20(2): 79-91。
 94. 李明仁 (1986) 臺灣東北部石碇平溪地區森林之植群分析。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
 95. 李明仁 (2002) 臺灣昆欄樹育林技術之研發。國立嘉義大學。行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處。
 96. 李瑞宗 (1987) 陽明山國家公園竹子山系之植生研究。臺灣植物資源與保育論文集。中華民國自然生態保育協會刊印。P. 97-122。
 97. 李瑞宗 (1991) 陽明山國家公園植物及人文文獻之蒐集整理--植物篇。陽明山國家公園管理處。
 98. 李瑞宗、黃增泉 (1987) 林口紅土臺地之植物相與植被分析。博物館季刊 30: 229-320。
 99. 周國敬 (1999) 臺北地區昆欄樹生育地植物社會之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
 100. 林思民 (2008) 陽明山國家公園草原社會動態推移調查計畫：動物相與伴生植物調查。陽明山國家公園管理處。
 101. 邱文良、張東柱、楊嘉棟、黃曜謀 (2009) 陽明山國家公園全區植物多樣性調查-巴拉卡公路以南，陽金公路以西地區。陽明山國家公園管理處。
 102. 邱清安 (2006) 應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
 103. 邱清安、呂金城、歐辰雄 (1998) 插天山自然保留區植群之研究。國立中興大學實驗林研究彙刊 20(1):57-80。
 104. 邱清安、呂金誠、林鴻志、曾喜育、林育生 (2005) 整合植群調查之樣區資料。林業研究季刊 27: 47-62。
 105. 邱清安、陳子英、王志強、邱祈榮、賴彥任、蔡智勇 (2013) 應用 BIOMOD2 模擬臺灣水青岡之分布。林業研究季刊 35(4): 253-272。
 106. 俞秋豐 (2003) 臺灣東北部氣候區森林植群分類系統之研究。國立臺灣大學森林學研究所資源保育組博士論文。
 107. 柴原信雄 (1939) 大屯山彙硫磺地域植物群落の研究。臺北帝國大學附屬農林專門部農學科卒業報文。
 108. 馬溯軒、許圳塗、許洞慶、張雅君 (1989) 陽明山國家公園原生杜鵑復育計畫研究。陽明山國家公園管理處。
 109. 高瑞卿 (1995) 臺灣東部立霧河流域森林植群分析。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。

110. 張育森 (2006) 陽明山國家公園稀有原生種植物保育生物學之研究。陽明山國家公園管理處。
111. 張琇慧 (2000) 臺灣北部昆欄樹樹輪對氣候因子之反映。國立臺灣大學地質學研究所碩士論文。
112. 張鈺敏 (2009) 最大熵物種分布模式應用於臺灣十種樹種之可轉移性研究。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
113. 曹立松 (2007) 應用廣義加法模式建構六種臺灣針葉樹物種分布範圍與氣候因子之關係。國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。
114. 許立達、王義仲、李戴鳴、林志欽 (2010) 應用航照與 GIS 分析陽明山國家公園植群分布。岡農科學報 25：67-78。
115. 許立達、王義仲、李戴鳴、林志欽 (2008) 陽明山國家公園植被變遷研究。中國文化大學。陽明山國家公園管理處。
116. 郭育任、嚴淑銘、鄭琬平 (2012) 陽明山國家公園步道自然及人文資源調查七星山系及大屯山系步道解說服務內容編撰案。中華民國永續發展學會。陽明山國家公園管理處。
117. 陳永修 (1982) 多納溫泉溪上游集水區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
118. 陳明哲 (1976) 大屯山區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
119. 陳俊宏、李玲玲、吳書平、蘇夢淮、陶翼煌、林明聖、楊天南 (2010) 陽明山國家公園陽金公路以東地區資源調查。中華民國自然生態保育協會。陽明山國家公園管理處。
120. 陳俊雄 (1996) 臺灣西北區楠櫟林帶森林植群分析。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
121. 陳俊雄 (2002) 冷擎步道及七星山北坡步道生態資源調查。陽明山國家公園管理處。
122. 陳益明、郭城孟 (1989) 陽明山國家公園區內火山植物生態之研究。陽明山國家公園管理處。
123. 陳淑華、楊天南 (2010) 陽明山國家公園古氣候之調查。國立臺灣大學生命科學系。陽明山國家公園管理處。
124. 陳運造 (1997-1998) 野生觀賞植物(一、二、三)冊。渡假出版社出版。
125. 鹿兒陽 (1991) 北大武山針闊葉樹自然保護區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
126. 黃生 (2002) 陽明山區包籜矢竹更新監測及繁殖生態研究。陽明山國家公園管理處。

127. 黃生 (2005) 陽明山國家公園包籜矢竹天然更新監測及生育地生態研究。陽明山國家公園管理處。
128. 黃增泉 (1986) 陽明山國家公園植物生態景觀資源。內政部營建署。
129. 黃增泉、江蔡淑華、陳尊賢、黃淑芳、楊國楨、陳香君 (1988) 夢幻湖植物生態系之調查研究。陽明山國家公園管理處。
130. 黃增泉、謝長富 (1990) 陽明山國家公園森林火災對生態之影響調查。陽明山國家公園管理處。
131. 黃增泉、謝長富、楊國楨、湯惟新 (1983) 陽明山國家公園植物生態景觀資源。陽明山國家公園管理處。
132. 黃獻文 (1984) 日月潭鄰近山區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
133. 葉慶龍、范貴珠 (1997) 雙鬼湖自然保護區之植群生態研究。臺灣省林務局臺東林管處。
134. 鄒明佑 (2001) 冷水坑溼地復育對植群生態影響之研究。陽明山國家公園管理處。
135. 廖秋成 (1979) 清水山石灰岩地區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
136. 劉崇瑞、陳明哲 (1976) 臺灣天然林之群落生態研究(二)大屯區植群生態之研究。省立博物館科學年刊 19: 1-43。
137. 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館，臺北市。
138. 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木解說。國立中興大學農學院出版委員會出版，臺中市。
139. 劉靜榆 (1991) 臺灣中部沙里仙溪集水區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
140. 劉靜榆、蘇鴻傑、曾彥學 (2006) 臺灣中西部氣候區楠櫟林帶植群分類系統之研究。特有生物研究 8(2): 53-85。
141. 盧堅富 (2009) 陽明山國家公園原生杜鵑及櫻花分布調查暨棲地環境保育研究。陽明山國家公園管理處。
142. 賴明洲 (1991) 陽明山國家公園鹿角坑溪生態保護區植物生態調查。陽明山國家公園管理處。
143. 謝長富、黃增泉、楊國楨、謝宗欣 (1990) 陽明山國家公園稀有植物族群生態調查。陽明山國家公園管理處。
144. 韓志武 (1992) 陽明山國家公園永久樣區生態調查研究。陽明山國家公園管理處。
145. 魏映雪 (1997) 陽明山國家公園大屯山區蜜源植物調查。陽明山國家

公園管理處。

146. 蘇鴻傑、林則桐 (1979) 木柵地區天然林植群之矩陣群團分析及分布序列。臺大實驗林研究報告 124：187-210。
147. 科技部 (2014) 臺灣氣候變遷推估與資訊平臺建置[TCCIP]導讀系列活動 <http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/AR5/>

國立臺灣大學圖書館

內政部 103 年度委託研究成果報告印製格式項目查檢表

單位（機關）：陽明山國家公園管理處

委託研究計畫名稱：陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究

項號	查 檢 項 目	查檢結果	未符合情形
1	書脊及封面標明「研究題目」、「內政部(或委託機關全銜)委託研究報告」、「(年度)」印製年月」及「本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見」。	☒ 是 ☐ 否	
2	內頁第一頁依序書明「國科會 GRB 計畫編號」、「研究題目」、「受委託者」、「研究主持人」、「協同主持人」、「研究員」、「研究助理」、「內政部(或委託機關全銜)委託研究報告」、「印製年月」及「本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見」。	☒ 是 ☐ 否	
3	目（錄）次中應列表次、圖次、摘要次、各「章次」、「附錄次」及「參考書目」。	☒ 是 ☐ 否	
4	表次中之「表號」、圖次中之「圖號」、本文中各「章標題」、「節標題」及「圖（表）號、標題」，均以黑體字打印。	☒ 是 ☐ 否	
5	本文前加列「摘要」（頁碼延續目次、表次、圖次，以羅馬數字編列），簡略說明研究緣起、研究方法及過程、重要發現及主要建議意見，並加註關鍵詞（至多五個）。	☒ 是 ☐ 否	
6	各類圖號與圖稱置於圖之下方且置中；表號與表稱置於表之上方且置中；資料來源列於圖表下方。	☒ 是 ☐ 否	
7	摘要及本文之各項建議意見分「立即可行建議」及「中長期建議」兩類，採表格或條列方式逐條臚列敘述，並說明理由，但亦得視研究需要另行分類撰擬。各項建議均列明主辦及協辦機關。	☒ 是 ☐ 否	

8	研究報告之註釋應採夾註註明出處；說明應附於引註當頁下方。 註釋及說明之字體均應較本文內容小。	☐ 是 否	
9	研究調查問卷、本部審議意見、各項座談會紀錄及研究主持人之修正說明、相關訪問紀錄、相關統計資料、法規及文件等重要資料，均列為「附錄」。	☐ 是 否	
10	研究報告所參考及引註之書籍、期刊及各項資料，均編列為「參考書目」，置於「附錄」之後。	☐ 是 否	
11	參考書目之打印格式，參照學術論文之書目格式撰寫。	☐ 是 否	
12	研究報告「目次」、「章」、「附錄」及「參考書目」均自單頁打印。	☐ 是 否	
13	研究報告每頁均加註頁眉，單頁註明「章名（目次、表次、圖次、摘要、目錄、參考書目）」（置於單頁之右上），雙頁註明「研究主題」（置於雙頁之左上）。頁碼註記於每頁文字之下方置中處理（除目次各頁碼以羅馬數字編列外，其餘各頁均以阿拉伯數字編列），與頁眉同側。	☐ 是 否	
14	附錄及參考書目頁碼延續本文。	☐ 是 否	
15	報告採橫式雙面印製。	☐ 是 否	
查檢結果處理意見			
單位主管簽章		科（組）（室）主管簽章	承辦人簽章

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究 / 邱清安研究主持. -- 初版. -- 臺北市：陽明山國家公園，民 103.12
面；公分
POD 版
ISBN 978-986-04-3902-1(平裝)
1.樹木 2.植物生態學 3.陽明山國家公園
436.13333 103026728

書名：「陽明山國家公園昆欄樹族群生態學及氣候變遷影響之研究」委託研究成果報告

出版機關：陽明山國家公園管理處

發行人：陳茂春

地址：11292臺北市陽明山竹子湖路1-20號

審定：詹德樞、叢培芝

策劃：羅淑英

執行策劃：陳宏豪

企劃製作：國立中興大學

撰文：邱清安

攝影：邱清安、陳進德

製版印刷：邱清安

電話：(02)28613601

傳真：(02)28611504

網址：<http://www.ymsnp.gov.tw/>

出版年月：中華民國103年12月

版次：POD初版1刷

其它類型版本：無

定價：新臺幣300元整

展售處

◆陽明山國家公園管理處員工消費合作社

地址：11292臺北市北投區陽明山竹子湖路1-20號

電話：(02)28613601

◆五南文化廣場

地址：臺中市中山路6號
電話：04-22260330

◆國家書店

地址：臺北市松江路209號1樓
電話：02-25180207

ISBN：978-986-04-3902-1

GPN：

著作權利管理：本書保留所有權。

欲使用本書全部或部分內容者，需徵求陽明山國家公園管理處同意或書面授權
請洽陽明山國家公園管理處，電話：(02)2861-3601

陈鹤园书画作品集

ISBN 978-986-04-3902-1



9 789860 439021 0 03 00