

運用TCCIP網格化歷史及未來氣候資料於台灣森林植群適生棲位模型建置及變遷預測

林奐宇^{1,2}、胡哲明²、陳子英³、謝長富²

1. 行政院農業委員會林業試驗所、2. 國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所、
3. 國立宜蘭大學森林及自然資源學系



前言

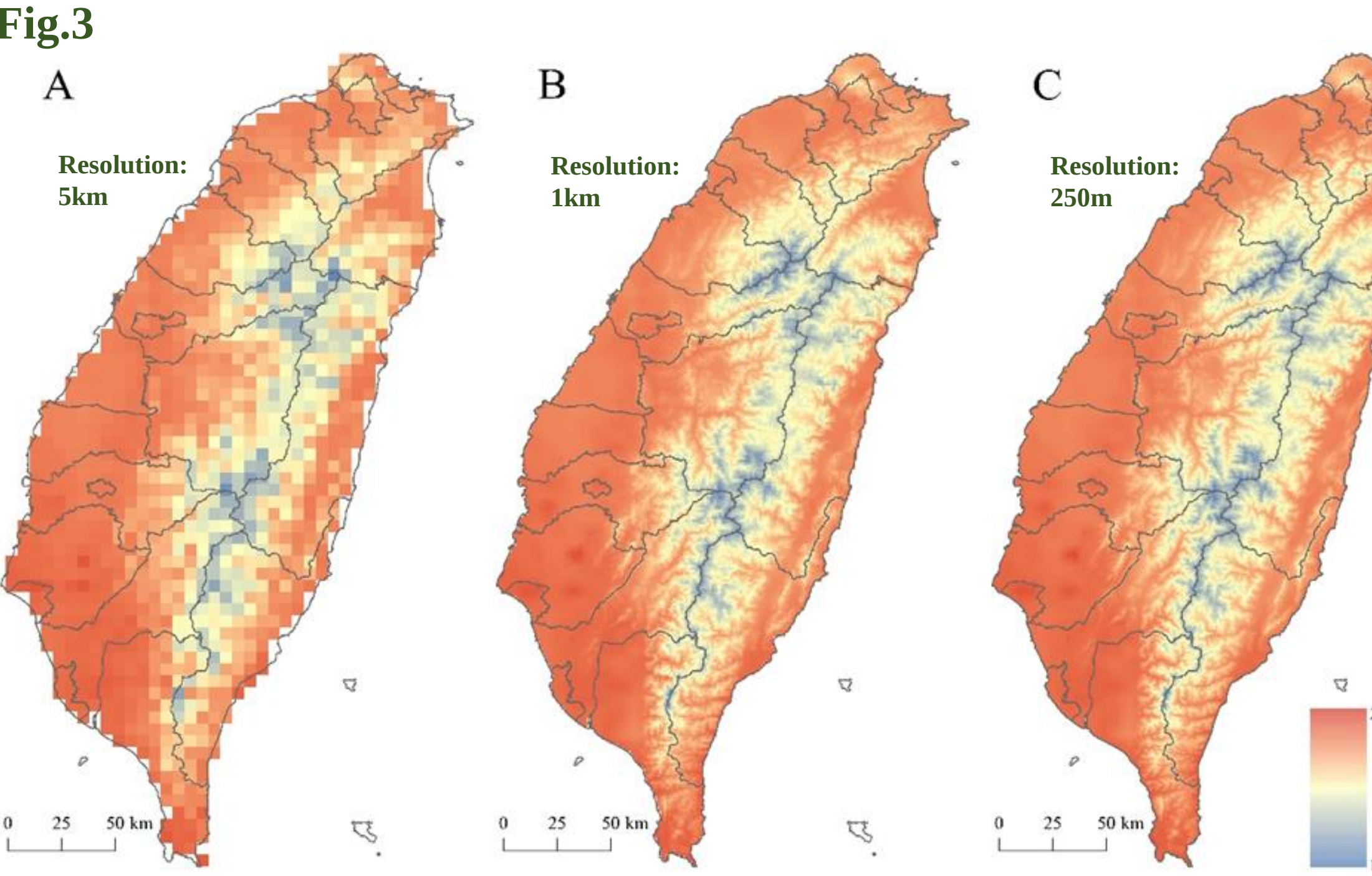
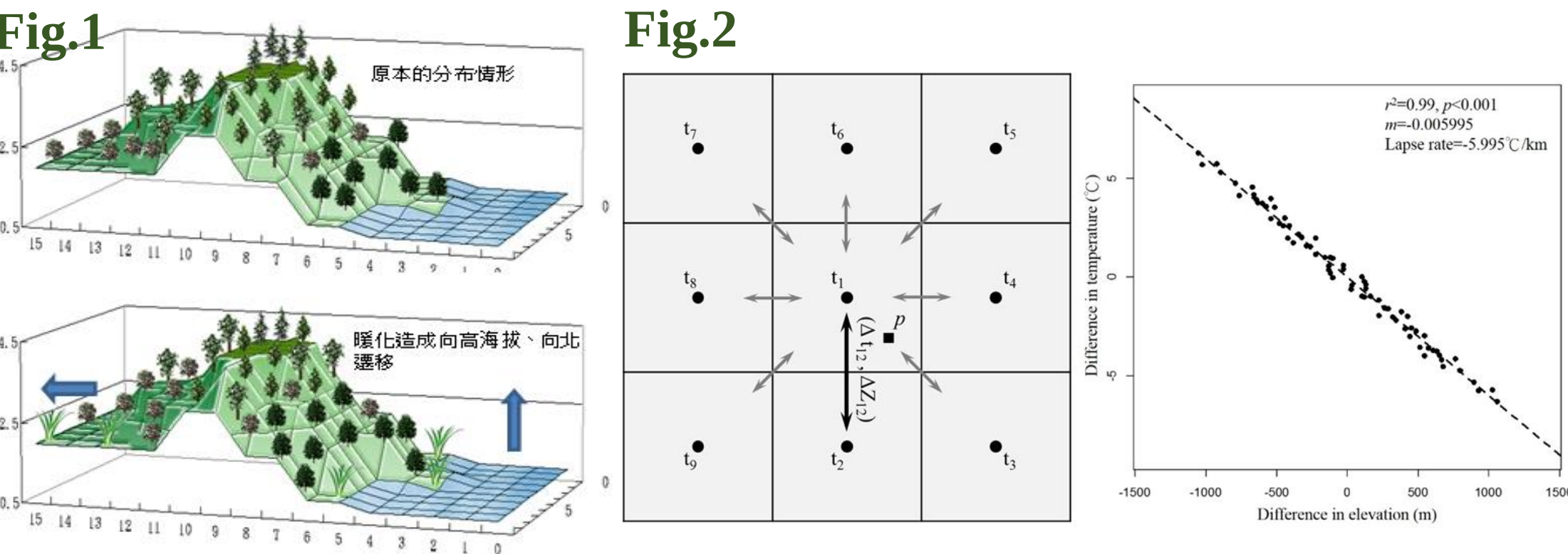
為降低氣候變遷對於生態環境及生物多樣性的衝擊，針對高風險地區之脆弱物種推動保育工作，是急切且必要的。過去的臺灣森林研究指出，氣候（尤其是溫度及雨量分配）為影響臺灣大尺度森林植群的重要因子，並形成顯著的垂直帶狀分化。一般認為北半球多數物種在氣候變遷影響下，將出現由低海拔向高海拔、南方向北方遷移的趨勢（Fig.1），此推論已在歐洲及美洲獲得部分研究的證據支持。台灣地形多山，當物種隨著長期氣候暖化趨勢不斷向上、向北遷移時，極可能受地形隔離與播遷阻礙等影響，在特定區域形成隔離的殘存族群，並面對較高的滅絕風險。本研究擬透過高解析度的網格化氣候資料，搭配統計模式，探討臺灣植群的現生與未來分布變化，嘗試找出可能的殘存地點及風險程度，以利生物保育策略之擬定及推動。

材料與方法

1. 森林植群資料來源：
依據李等人（2013）發表21種臺灣植群分類結果及對應樣區，選取與氣候相關的11種帶狀（Zonal）植群及2種泛域（Azonal）植群，依對應樣區位置計算各林型現生環境之氣候變量，經VSURF方法篩選重要氣候因子，建構適生棲位模型，並進行模式驗證與預測。
2. 氣候數據來源：
參考王等人（2017）之方法，以局部海拔遞減率進行TCCIP五公里網格化氣候資料之動態校正（Fig.2），獲得自由化之降尺度氣候模型（scale-free downscaling）（Fig.3）。利用此模型對所有植群樣區產生73組氣候變量，做為氣候適生棲位模型之共變量。
3. 統計方法：
採用隨機森林法結合高解析度氣候推估資料，建立以13種天然現生植群為單元之隨機森林分類器。

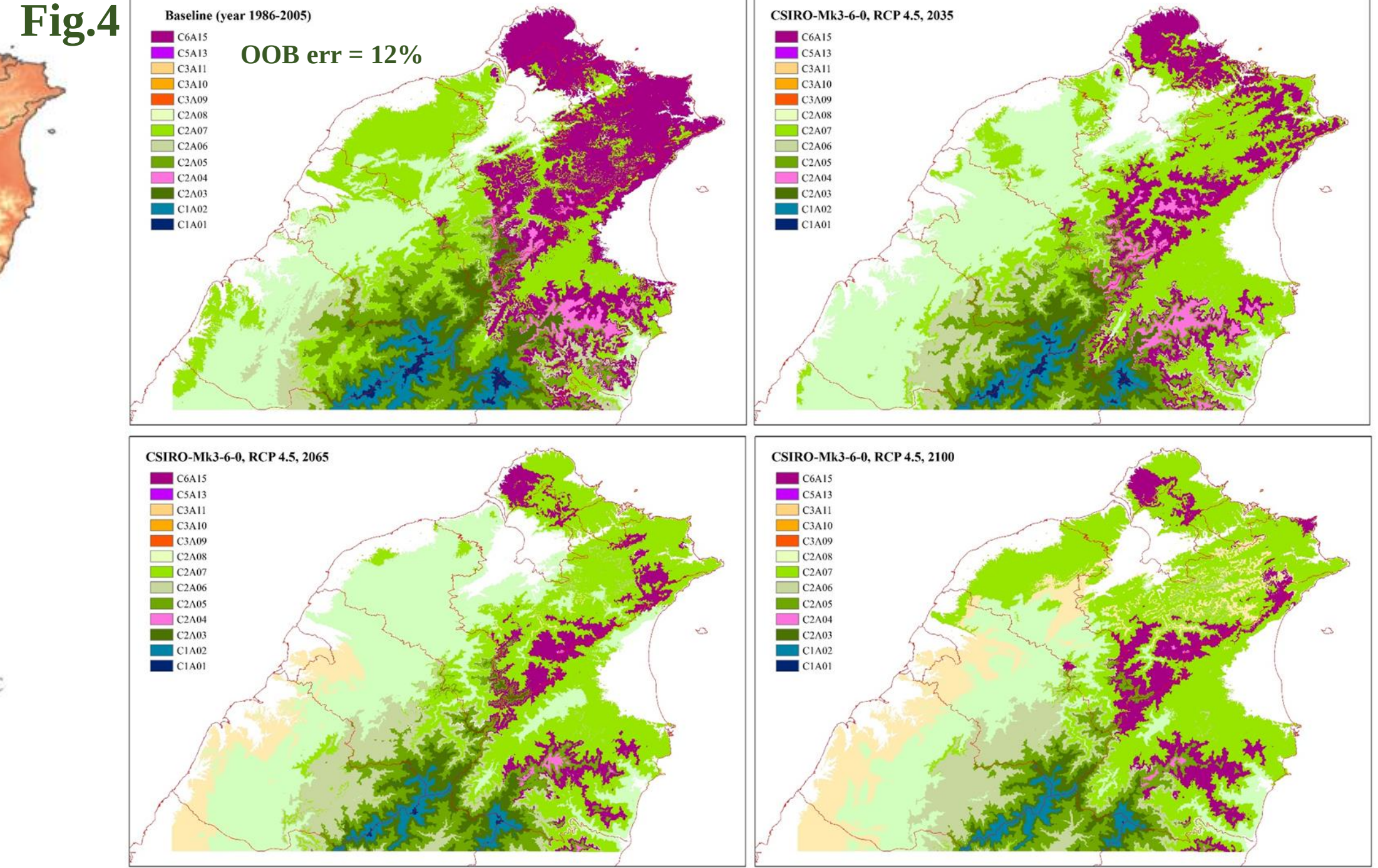
結果

以1986-2005年為基期，利用隨機森林法篩選全臺13種森林型之重要氣候因子（Table 1），建立氣候棲位模式，對現行氣候及未來不同時期（CSIRO-Mk3-6-0, RCP4.5情境）進行各種森林型的適生範圍推估（Fig.4），再利用不同時期各森林型的適生面積變化量，計算未來情境下各種森林型的受衝擊程度（Table 2, 3）。以北臺灣為例，適生棲地縮減最嚴重的森林型為高山植群及臺灣水青岡森林，前者呈現顯著的就地滅絕，後者則有隨地型沿太平山、加羅湖一線，向西、向高海拔退縮趨勢；南臺灣受影響最顯著的森林型則為高山植群、浸水營至大漢山之柳葉柯森林及南仁山季風林，均出現85%以上的適生棲地退縮現象。本研究同時觀察到熱帶型森林面積有向北擴張情形，以北部地區為例，隨著氣候環境暖化，模擬預測顯示現存於南部的桫欏木-楠木森林在2065年以後將有機會沿西部平原、大漢溪谷地向北部低海拔山區谷地遷徙的機會。



Code	Forest type	Baseline (ha)	Year 2035 (relative %)	Year 2065 (relative %)	Year 2100 (relative %)
C1A01	<i>Juniperus</i>	6,160	-30.84%	-89.48%	-99.67%
C1A02	<i>Abies-Tsuga</i>	41,037	-35.07%	-53.81%	-55.78%
C2A03	<i>Chamaecyparis</i>	56,795	-5.10%	-29.20%	-52.86%
C2A04	<i>Fagus</i>	17,088	34.60%	-83.69%	-90.79%
C2A05	<i>Quercus</i>	89,115	-6.67%	-19.70%	-27.28%
C2A06	<i>Machilus-Castanopsis</i>	54,707	8.40%	53.34%	70.39%
C2A07	<i>Phoebe-Machilus</i>	235,340	5.30%	6.69%	31.95%
C2A08	<i>Ficus-Machilus</i>	165,750	56.81%	70.55%	-0.87%
C3A09	<i>Pasania-Elaeocarpus</i>	-	-	-	-
C3A10	<i>Drypetes-Helicia</i>	-	-	-	-
C3A11	<i>Dysoxylum-Machilus</i>	-	-	58,758	120,034
C6A15	<i>Pyrenaria-Machilus</i>	212,928	-43.21%	-68.13%	-63.47%

植群型	重要氣候因子
<i>Juniperus</i>	Tmax6, Tmax5, Tmax3, Tmax4
<i>Abies-Tsuga</i>	Tmax5, Tmax6, Tmax3, Tave6, Tmax4, Tmax2, Tave5
<i>Chamaecyparis</i>	Tave12, Tmax2, Tmax9, PPT12, PPT1, Tave1, Tave6, Tmax11, TD, PPT11, WPR, PPT6, Tave2, WI, Tave3, PPT10, PPT3, Tmax12
<i>Fagus</i>	Tmax12, Tmax2, Tmax1, TD, PPT1, PPT9, Tmax11, WPR
<i>Quercus</i>	Tave6, Tmin12, Tmax6, Tmin10, PPT1, Tmax7, Tmax2, PPT12, PPT3, PPT10, PPT9, Tave5, PPT11, Tmin6, Tmax8, PPT6
<i>Machilus-Castanopsis</i>	Tmax4, Tmax10, Tmax11, Tmin6, Tmax6, PPT10, Tmax5, Tmax3, Tmax12, Tmax1, Tmax9, Tmax7, PPT8
<i>Phoebe-Machilus</i>	Tmax9, Tave2, PPT3, PPT7, PPT4, Tmax7, Tmax11, Tave9, TD, PPT9, PPT8, PPT10
<i>Ficus-Machilus</i>	Tmax11, Tmax10, SHM, Tmax9, Tmax8, AHM, MSP, PPT5
<i>Pasania-Elaeocarpus</i>	PPT4, PPT2, PPT3, WPR, Tmax9, PPT7
<i>Drypetes-Helicia</i>	PPT3, PPT2, TD, Tmax1, Tmax8, PPT1, PPT8
<i>Dysoxylum-Machilus</i>	Tave2, Tmax1, PPT5
<i>Illicium-Cyclobalanopsis</i>	PPT4, Tmin1, TD
<i>Pyrenaria-Machilus</i>	TD, PPT11, PPT1, PPT12



Code	Forest type	Baseline (ha)	Year 2035 (relative %)	Year 2065 (relative %)	Year 2100 (relative %)
C1A01	<i>Juniperus</i>	9,316	-47.54%	-83.91%	-95.50%
C1A02	<i>Abies-Tsuga</i>	54,799	-35.96%	-63.22%	-70.46%
C2A03	<i>Chamaecyparis</i>	66,444	8.53%	-28.73%	-34.58%
C2A04	<i>Fagus</i>	-	-	-	-
C2A05	<i>Quercus</i>	124,289	-17.54%	-25.95%	-23.81%
C2A06	<i>Machilus-Castanopsis</i>	86,647	2.83%	-6.76%	-4.76%
C2A07	<i>Phoebe-Machilus</i>	83,856	-10.68%	-48.06%	-30.02%
C2A08	<i>Ficus-Machilus</i>	260,055	23.10%	-9.83%	-20.61%
C3A09	<i>Pasania-Elaeocarpus</i>	8,019	-29.49%	-72.70%	-100.00%
C3A10	<i>Drypetes-Helicia</i>	137,141	-26.28%	-30.77%	-72.20%
C3A11	<i>Dysoxylum-Machilus</i>	198,117	-3.26%	121.79%	135.90%
C5A13	<i>Illicium-Cyclobalanopsis</i>	11,810	17.56%	-85.44%	-86.75%

結論

森林植群的分布，主要受到大尺度氣候環境的影響，當氣候變遷導致環境溫度及雨量分布改變，除了對原生物種的生理條件形成衝擊以外，亦可能造成原生植群與生態系分布範圍的改變，進而對生態系組成及結構產生影響，導致某些脆弱物種的滅絕。本研究利用高解析度氣候模型，配合台灣現生植群分布資料，分析不同森林型的氣候耐性範圍，再利用不同暖化情境資料，推估各森林型現生與未來的適生區域。初步分析結果理想，未來將加入不同暖化情境，並配合現有保護留區範圍及土地利用情形進行檢視，探討不同森林型在分布變遷過程中可能遭遇的阻礙，提出對應的保育因應策略，如保護區範圍調整、廊道規劃、物種遷地保存等。

利用TCCIP網格化氣候資料與航遙測歷史影像 建構中部地區崩塌地適生樹種決策方法

林奐宇^{1,2}、陳建帆^{1,2}、邱祈榮³

1.行政院農業委員會林業試驗所、2.國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所、
3.國立臺灣大學森林環境暨資源學系



前言

近年來氣候變遷相關計畫研究成果尤其指出，臺灣降水強度與頻率有逐漸增加趨勢，且趨於兩極化，勢必造成山區崩塌災害頻度與規模的改變，使本島山坡地在極端氣象災害衝擊下益形脆弱。崩塌土地需儘速恢復森林公益、經濟或景觀功能，以降低未來持續擴大之風險，以人為力量及「適地適種」原則加速森林的重建，則是可採行的策略之一。因此，本計畫透過現場調查及植群分析方法，提出中部地區崩塌地植被演替序列及復育造林之備選樹種，再配合氣候棲位模型，產製各復育樹種於南投縣境內之適生機率分布圖，作為林業機關推動崩塌地復育及造林作業之決策參考。

材料與方法

1.歷史崩塌地之森林調查樣區設置：
利用多期航遙測影像（涵蓋時間1975至2015年）判斷南投縣境內曾發生崩塌的森林（Fig.1），於各地點設置樣區調查植物組成，分析森林組成結構隨演替時間之變化，以及樹種組成與樣區環境因子間的關係。共調查20m*20m樣區106處，涵蓋海拔為340至3,209公尺。
2.氣候數據來源：
參考王等人（2017）之方法，以局部海拔遞減率進行TCCIP五公里網格化氣候資料之動態校正，獲得自由化之降尺度氣候模型（scale-free downscaling）（Fig.2）。利用此模型對所有植群樣區產生73組氣候變量，做為氣候適生棲位模型之共變量。
3.分析方法：
植群分析以典型對應分析（CCA）為主，氣候適生棲位模型建置及預測部分，則以隨機森林法（Random Forest）進行。

結果

典型對應分析結果顯示，演替階段（SUCC）與森林植物組成具有高度相關，海拔、滑坡位置、地形等因子亦影響森林的生態特性與組成。依據演替階段軸線，可判定演替初期物種以山黃麻、白匏仔、櫟、大頭茶等為主；演替中期則改以小西氏石櫟、無患子等物種為優勢；溪谷濕生區域則呈現較特殊情形（Fig.3）。本研究完成南投地區低海拔至高海拔之崩塌地適生樹種及其演替階段資料整理（Table 1,2）。為瞭解各樹種的適宜生長環境，以利林業單位依「適地適木」原則選用高存活率的樹種，本研究以TCCIP提供之五公里氣溫、雨量網格資料為基礎，降尺度為100m解析度圖層後，利用隨機森林法萃取各樹種生育地氣候因子，並建立其適生分布預測模型。模型結果顯示，依不同樹種觀測資料之多寡，預測誤差約介於14.99%至21.03%間。經由Google Earth平台整合預測成果圖，讓使用者可自由查閱各樹種適生機率的空間分布情形（Fig.4）。

Fig.1 利用不同時期航照，獲取歷史崩塌地之森林演替時間

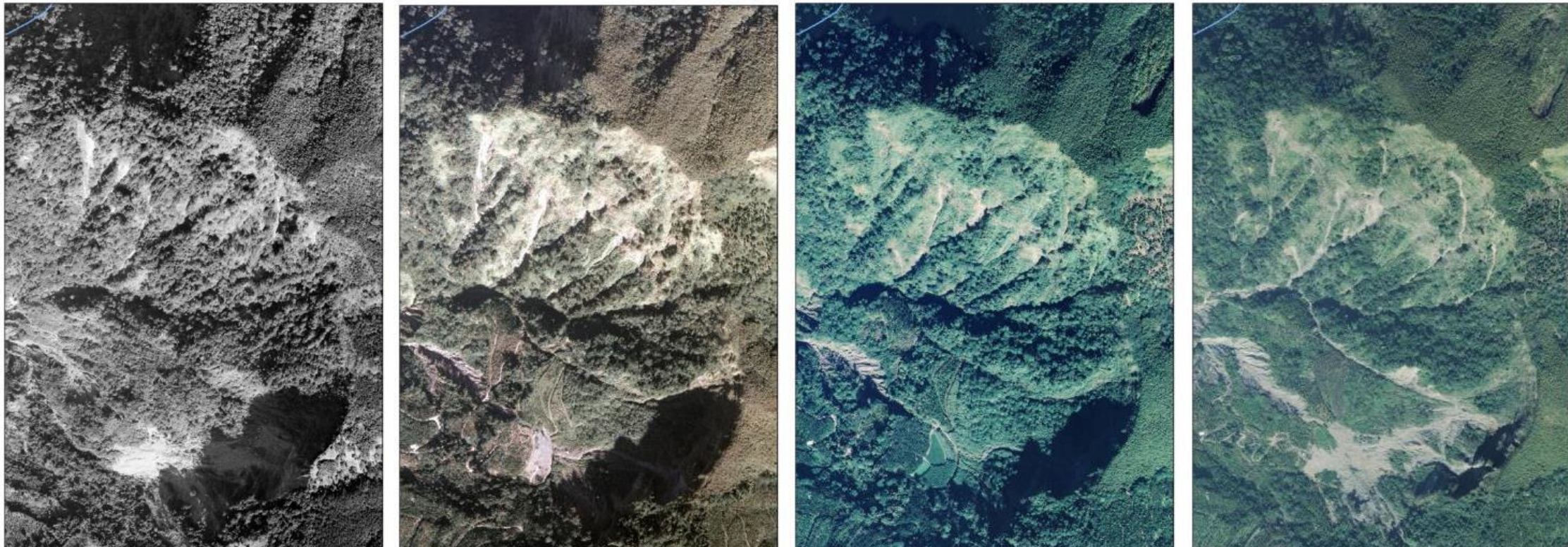


Fig.3 利用典型對應分析，呈現各樹種及樣區與環境因子間的關係

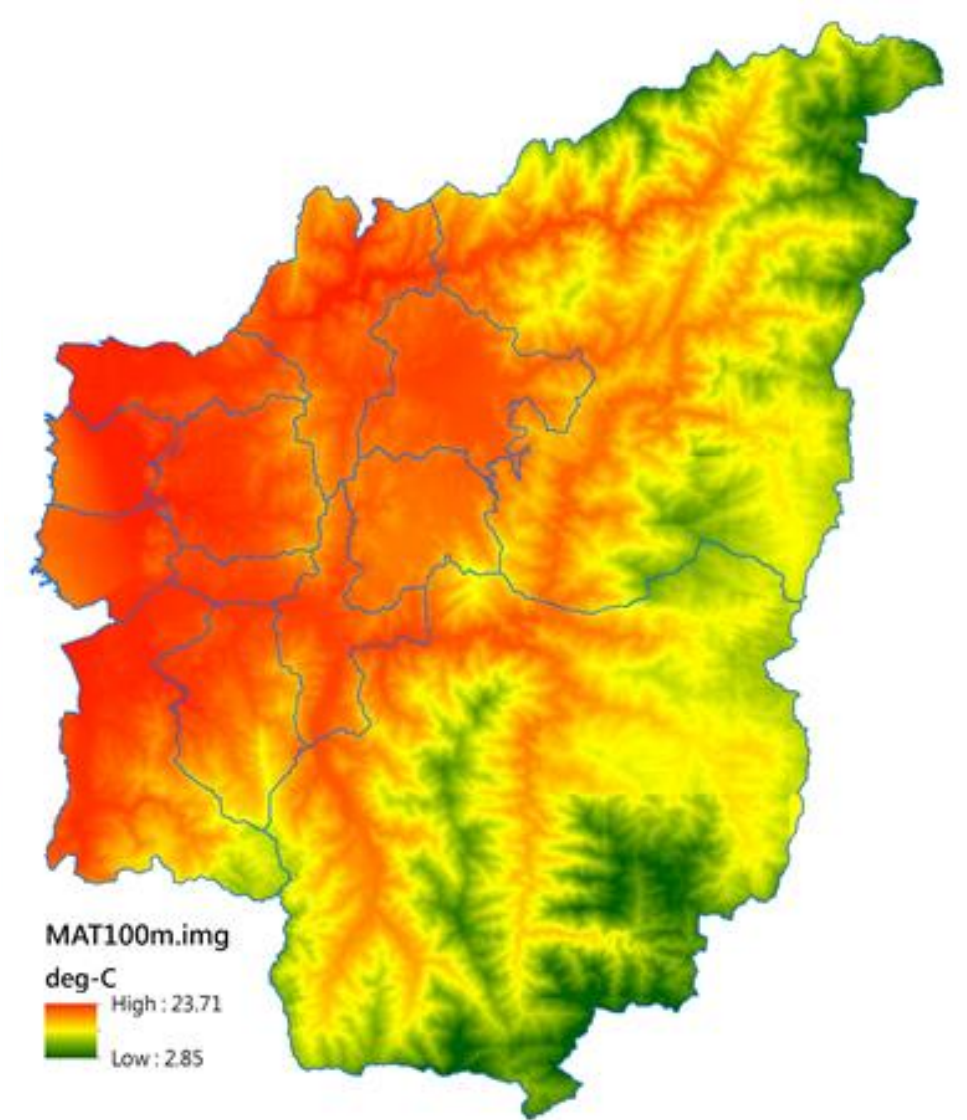
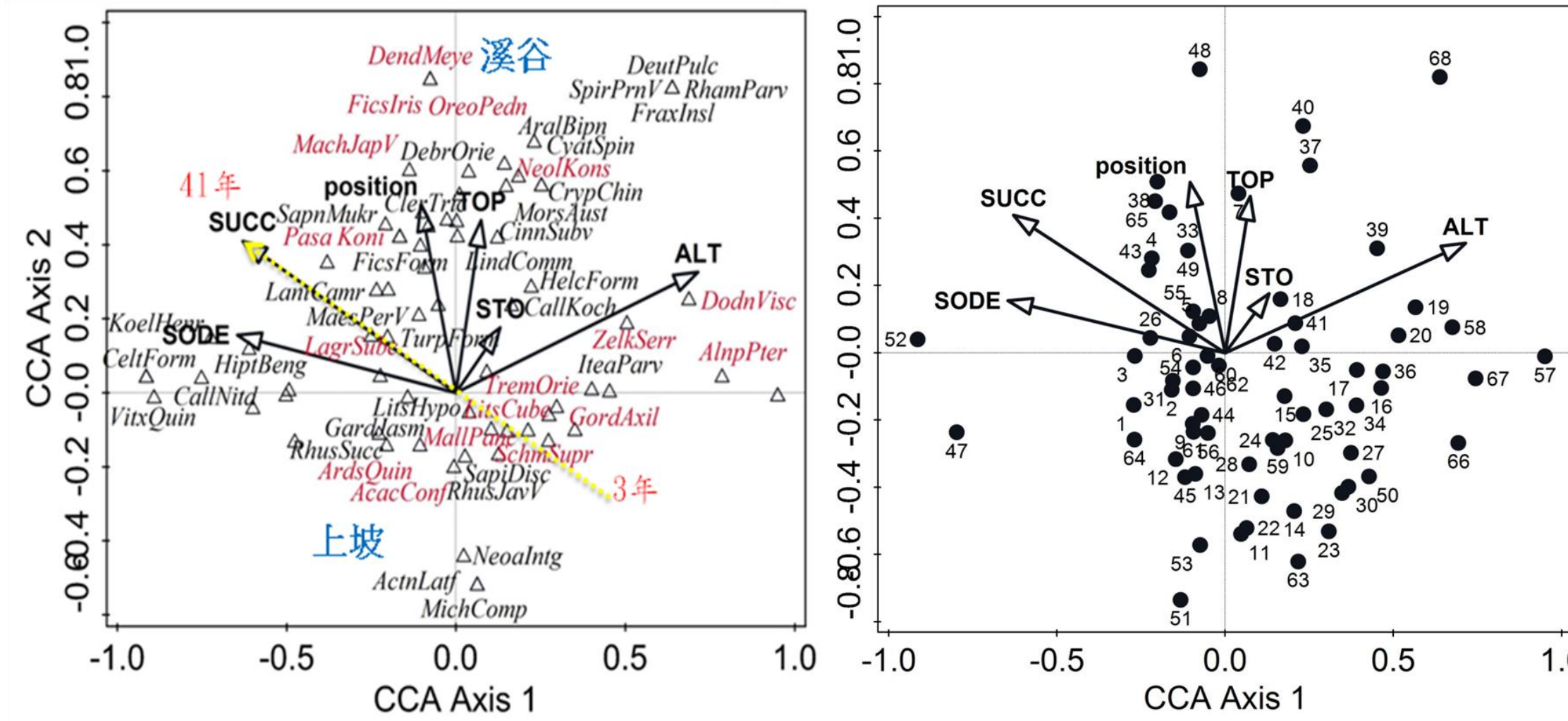
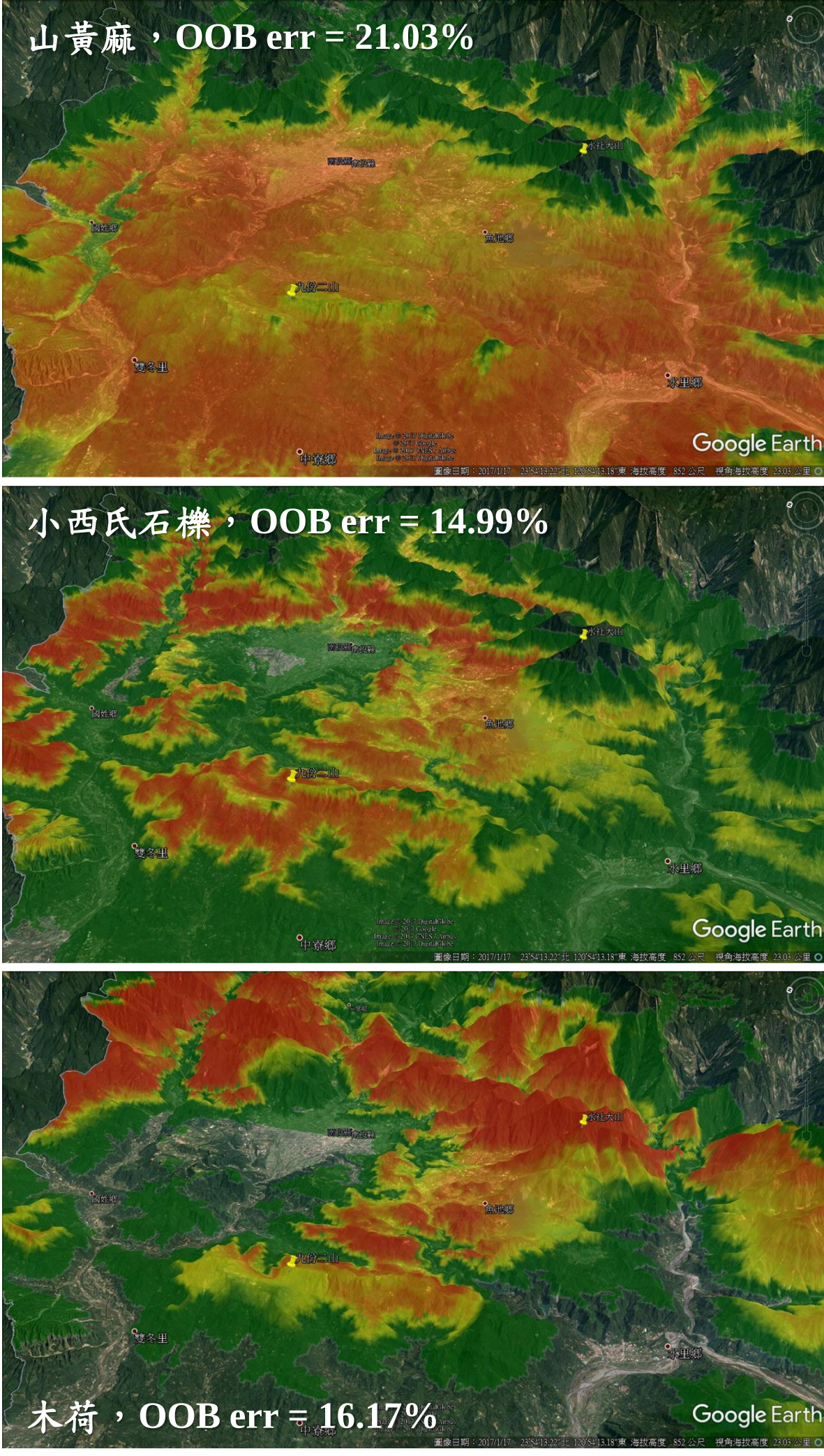


Fig.2 以年均溫為例，經局部海拔遞減率校正後的氣候降尺度圖層，空間解析度為100m。

Fig.4 利用隨機森林模型，推測不同崩塌地復育樹種在南投縣境內的適存度，並套疊至Google Earth平臺。右圖係以山黃麻（低海拔廣分分布）、小西氏石櫟（南投地區特有）、木荷（中海拔廣泛分布樹種）為例。



樹種	前期	中期	後期	備註
山黃麻				中低海拔
野桐				
羅氏鹽膚木				
白匏仔				
大頭茶				
木荷				濕生
江某				
大葉楠				
長葉木薑子				
青剛櫟				
小西氏石櫟				中低海拔
櫟木				

Table 1（左）依據樣區調查及植群分析資料，對於海拔1500公尺以下地區分析獲得之崩塌地復育適生樹種及其演替階段。

Table 2（下）依據樣區調查及植群分析資料，對於海拔1500公尺以上地區分析獲得之崩塌地復育適生樹種及其演替階段。高海拔演替序列相對單純。

樹種	前期	中期	後期	備註
台灣赤楊				中高海拔
阿里山榆				中海拔
二葉松				中高海拔
森氏杜鵑				高海拔
鐵杉				
冷杉				

結論

崩塌地植群調查結果顯示，演替時間為影響植物社會組成之重要因子，然而成熟森林之物種組成尚受到其他環境因子（如環境水分、地形等）之影響。換言之，崩塌地形成後，植物組成將隨時間出現一連串演替與物種置換過程，環境因子將左右此一置換過程的發展方向，隨棲地特性分別朝向溪谷型、中坡型或稜線型等不同成熟森林發展。本研究已大致瞭解南投地區重要演替階段及環境條件下的主要森林物種，並完成適生機率預測模型建構，可作為崩塌地復育樹種選拔的科學基礎。未來期望進一步透過以Google Earth為平臺的圖資系統，提供林業單位簡便而迅速的查詢介面，可針對需實施復育崩塌的地點，獲得具有參考價值的物種適合度及復育成功機率資訊。