

2001 年中興大學森林系

森林調查測計研究室執行之計劃書彙編

計劃編著者：馮豐隆

整理者：陳淑芬

2001 年 5 月

2001 年計劃書彙整

目 錄

國科會－永續會：

氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估

(The Impact Assessment of Forest Distribution and Productivity by Climatic Change in Taiwan.) 1~53

農委會：

(1)生態系經營管理模式之建立(2)

(Developing the Information Management Model of Ecosystem Management)(2) . . . 1~23

(2)多尺度森林地覆分類系統之建立(3)

(Developing the Multi-scale Forest Land Cover Classification System)(3) 1~29

(3)私有林經營改善實驗區GIS建立與訓練計畫(小半天)

(Study on the Developing and Training GIS for Private Forest Improving Management Experiment Area in Taiwan (Shiau Ban-Ten)) 1~13

林務局：

<I>森林生態系對碳吸存貢獻之探討 1~ 2

<II>促進碳吸存之森林經營 1~32

<III>林務局嘉義林區管理處委託辦理「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案投標須知(草案) 1~11

<IV>林務局嘉義林區管理處「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案委託契約書(草案) 1~14

國 科 會—永 續 會

氣候變遷對台灣森林植生分佈與生
產力影響評估

*The Impact Assessment of Forest
Distribution and Productivity by Climatic
Change in Taiwan.*

氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估

馮豐隆

《摘要》

氣候變遷會對森林生態系造成衝擊，為使生態系有足夠的時間自然地適應氣候變遷，而且不影響森林的健康與生產，使人類維生環境與經濟發展得以永續進行。吾人必須以量測之大氣物理與化學變化的參數，來建構包含全球氣候與區域氣候模式，以獲得多時間、空間尺度的氣候／水文／化學資料。並將這些資料整合於多人可用的網路地理資料庫管理系統，更藉由全球大氣環流模式(General Circulation Model, GCM)的情境分析，模擬全球與區域之氣候變化，並藉以進行推估氣候變遷對森林植生分布與生產力的可能衝擊，因而提出減量措施與防制對策，以應“國家通訊”報告的需要，更而提供森林經營計畫與土地利用擬定政策之依據。

森林生態系依層級（單株、林分、地景、生態系）和空間、時間尺度而不同，但自然環境的限制與人類經營管理行為和干擾，亦影響森林組織、結構之格局與過程變化，凡此又皆與不同層級、時間尺度與空間尺度有關。所以在生態模式建構與模擬資料的提供上，皆應考慮層級與尺度問題。

以往探討森林植生分布與生產力的模式很多，有以統計探討的生長收穫實證模式及考慮生物生態機制的過程生態模式。然實證模式簡單易行且過去建構較多，但若要能以假設情境模擬推估植生分布與生產力變化，則需透過機制模式。所以選擇、整合此兩種模式，以發展合適的生態模式，並加以模擬試驗及敏感度分析，是首當其衝的要務。

本計畫主要目的為：(1)建立台灣主要氣候森林植生分布模式，與主要森林植生種類之生產力推估模式與測驗評估系統；(2)建置氣候變遷對植生分布與生產力衝擊之評析架構及模式模擬系統；(3)建立具氣象、水文、化學觀測值、模擬值、土壤及植生調查資料之多人存取網路地理資料庫管理系統，並發展氣候變遷情境模擬不同時間、空間尺度之資料輸入輸出的介面；(4)了解不同時間尺度與空間尺度的氣象資料，在森林植生分布模式與生產力模式的敏感程度；(5)建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的動態影響評估系統；(6)建立氣候變遷假設情境，以進行森林及土地利用策略之研擬。

《關鍵詞》地理資訊系統、生態模式、過程模式、尺度、GIS 與 DBMS 整合、多層級資料庫、假設情境。

Applied GIS to Forest Ecosystem Management in Taiwan

Feng, Fong-Long

Abstract

The objectives of forest ecosystem management are different with hierarchical levels and scale. The relationship of ecological levels could be defined by landscape ecology and hierarchy theory. Ecosystem could be described by the interaction of landscape patterns and processes. We have to estimate the status, function and change of ecosystem for the decision-making of forest ecosystem management. Individual trees made up stand. Landscape is composed of many stands. There are many landscapes in forest ecosystem. There is hierarchical system in individual tree, stand, landscape and ecosystem in different temporal scale and spatial scale. The constrain of natural environment, the behavior of management and the disturbance of forest would affect the composition, structure, pattern and change of forest in different levels, spatial scale and temporal scale. GIS is a tool for integrating the database of natural resource and environment. In the same time, GIS is a good tool for spatial analysis of time series in different levels, also.

In the study, GIS were applied in ecosystem management (EM) as follows: (1) To develop the forest ecosystem multi-scale database of Taiwan in biology and habitat. (2) 4S techniques were used to data collection and storage (3) GIS were used to retrieve the data for developing spatial interpolation models and predict model. (4) Apply the GISs for eco-region classification. (5) To set up the criteria and index of sustainability in different levels and eco-regions.(6) GIS were used to interpolate and display the results of simulation with bio-ecological scenarios or/and social-economical scenarios in different spatial and temporal scales. (7) To scale-up the information of different scales. (8) To build up the monitoring system of ecosystem management with 4S technique (9) To integrate GIS and landscape ecology in designing the desired future condition (10) To do adaptive management in forest ecosystem management with experimental design.

《Keywords》 GIS, Ecosystem management, Multi-scale, Eco-region, Spatial model, Predict model, Scenario.

行政院國家科學委員會專題研究計畫申請書



一、基本資料

申請編號：

90WFA0500153

計畫類別 (單選)	一般型計畫				
研究型別	整合型計畫				
計畫歸屬	永續會				
申請機關	國立中興大學	申請系所 (單位)	森林學系		
本計畫主持人姓名	馮豐隆	職稱	教授	身分證號碼	Q100690428
本計畫 名稱	中文	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估			
	英文	The Impact Assessment of Forest Distribution and Productivity by Climatic Change in Taiwan			
整合型總計畫名稱	區域氣候變遷模擬系統之整合與應用				
整合型總計畫主持人	嵇漢如	身分證號碼	F100755408		
全程執行期限	自民國 90 年 08 月 01 日起至民國 94 年 07 月 31 日				
研究學門(請參考本申請 書所附之學門專長代碼 表填寫)	代 碼	名稱(如為其他類,請自行填寫學門)			
	B5	森林、水保及生態			
研究性質	基礎研究				
本學年度申請主持國科會各類研究計畫共 <u>1</u> 件。					
本件在本學年度所申請之計畫中優先順序(不得重覆)為第 <u>1</u> (共同主持之計畫不予計入)。					
本計畫 不是國際合作計畫					
計畫連絡人	姓名: 馮豐隆 電話(公):04-2854060 (宅):04-2853175				
通訊地址	台中市仁義街 76 號 6 樓之 2				
傳真號碼	04-2873628	E-MAIL	flfeng@nchu.edu.tw		

表 C001

共 頁 第 頁

計畫申請人(主持人)簽章：_____ 日期：_____

二、申請補助經費

1. 請將本計畫申請書之第七項(表 C007)、第九項(表 C009)、第十項(表 C010) 及第十二項(表 C012)所列費用個別加總後，分別填入「研究人力費」、「研究設備費」、「赴國外或大陸地區差旅費」及「其他研究有關費用」欄內。
2. 「出席國際學術會議費用」請將第十一項(表 C011)之預估費用填入。
3. 「管理費」為申請機關配合執行此計畫所需負擔之費用，請按第 1、2 兩項費用總和之 6% 計算後直接填入此欄。
4. 「國際合作研究計畫差旅費」指若有申請國際合作研究計畫差旅費者，請將資料表 I003 之「合計」欄金額填入。
5. 「貴重儀器使用中心使用額度」為將本計畫申請書之第十三項(表 C013)所列額度加總填入。
6. 請依各年度申請博士後研究之名額填入下表。

執行年次 補助項目	第一年(年 月~ 年 月)	第二年(年 月~ 年 月)	第三年(年 月~ 年 月)	第四年(年 月~ 年 月)	第五年(年 月~ 年 月)
研究人力費	264,000	432,000	432,000	432,000	
研究設備費	500,000	200,000	250,000	250,000	
赴國外或大陸 地區差旅費		150,000	150,000	150,000	
出席國際學術 會議費用	248,750	150,000	150,000	150,000	
其他研究有關 費用	119,325	200,075	150,075	150,075	
管 理 費	67,925	67,925	67,925	67,925	
小 計	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	
國際合作研究 計畫差旅費					
總 計	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	
貴重儀器中心 使用額度					
博士後研究	共 名	共 名	共 名	共 名	共 名
申 請 機 關 或 其 他 單 位 提 供 之 配 合 項 目					
配合單位名稱	配合補助項目		配合補助金額	配合年次	
配合單位系所主任或機構首長會簽：_____			日期：_____		

表 C002

共 頁 第 頁

三、共同主持人資料

共同主持人 姓名	身分證 號碼	服 務 機 構 系 所	職 稱
高勝助	P120869777	國立中興大學應用數學系	副教授

表 C003

共 頁 第 頁

四、整合型研究計畫項目：

(第一年)

計畫項目	主持人	服務單位系所	職稱	計畫名稱	申請經費 (每年)
總計畫	禡漢如 許晃雄 林沛練	中央大學環境中心 台灣大學大氣系 中央大學大氣系	中心主任 教授 副教授	區域氣候變遷模擬系統之整合與應用	100 萬
子計畫一	禡漢如	國立中央大學 環境中心	教授兼 中心主任	水文逕流模式之發展與在區域氣候預報和氣候變遷上之應用	100 萬
子計畫二	曾仁佑 林沛練	國立中央大學 大氣物理所	副教授	CCM3/MM5 短期氣候變化與區域氣候變遷模擬之研究與應用	100 萬
子計畫三	柯文雄 許晃雄 許武榮 張西亞 鄭守成	國立台灣大學 大氣科學系 國家高速電腦中心	教授 研究員	PRM (普渡區域模式) 應用於台灣地區短期氣候預報和氣候變遷的研究	100 萬
子計畫四	莊秉潔	國立中興大學 環境工程系	副教授	適用於台灣網格之全球氣候模式的發展與未來氣候模擬	100 萬
子計畫五	陳正達 鄒治華 簡芳菁	台灣師範大學 地球科學系	教授 教授 副教授	多重模式的系集預測系統在區域氣候變遷的應用發展研究	110 萬
子計畫六	吳明進 童慶斌 陸雲	台大大氣科學系 台大農業工程系 台大農業經濟系	教授 副教授 主任	全球氣候變遷對台灣區域氣候與水資源衝擊之評析	130 萬
子計畫七	許少華 馮秋霞	逢甲大學 水利工程學系 環境科學與工程學系	副教授 助理教授	區域氣候變遷對地下水資源衝擊之模擬與評析	71 萬
子計畫八	馮豐隆	國立中興大學 森林學系	教授	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估	120 萬
子計畫九	張哲明 張隆男	國立中央大學 環境中心	副研究員 教授	氣候變遷對台灣地區空氣汙染潛勢衝擊之評析	80 萬
子計畫十	王國英	國立中央大學 大氣物理所	助理教授	區域大氣環境模擬系統(RAEMS)的發展以及其對台灣區域環境變遷評估之應用	140 萬
子計畫十一	李河清	中原大學 人文教育學院	助理教授	氣候變遷對台灣整體影響的綜合評析	100 萬

四、整合型研究計畫項目：

(第二年)

計畫項目	主持人	服務單位系所	職稱	計畫名稱	申請經費 (每年)
總計畫	嵇漢如 許晃雄 林沛練	中央大學環境中心 台灣大學大氣系 中央大學大氣系	中心主任 教授 副教授	區域氣候變遷模擬系統之整合與應用	120 萬
子計畫一	嵇漢如	國立中央大學 環境中心	教授兼 中心主任	水文逕流模式之發展與在區域氣候預報和氣候變遷上之應用	110 萬
子計畫二	曾仁佑 林沛練	國立中央大學 大氣物理所	副教授	CCM3/MM5 短期氣候變化與區域氣候變遷模擬之研究與應用	120 萬
子計畫三	柯文雄 許晃雄 許武榮 張西亞 鄭守成	國立台灣大學 大氣科學系 國家高速電腦中心	教授 研究員	PRM (普渡區域模式) 應用於台灣地區短期氣候預報和氣候變遷的研究	120 萬
子計畫四	莊秉潔	國立中興大學 環境工程系	副教授	適用於台灣網格之全球氣候模式的發展與未來氣候模擬	100 萬
子計畫五	陳正達 鄒治華 簡芳菁	台灣師範大學 地球科學系	教授 教授 副教授	多重模式的系集預測系統在區域氣候變遷的應用發展研究	120 萬
子計畫六	吳明進 童慶斌 陸雲	台大大氣科學系 台大農業工程系 台大農業經濟系	教授 副教授 主任	全球氣候變遷對台灣區域氣候與水資源衝擊之評析	130 萬
子計畫七	許少華 馮秋霞	逢甲大學 水利工程學系 環境科學與工程學系	副教授 助理教授	區域氣候變遷對地下水資源衝擊之模擬與評析	92 萬
子計畫八	馮豐隆	國立中興大學 森林學系	教授	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估	120 萬
子計畫九	張哲明 張隆男	國立中央大學 環境中心	副研究員 教授	氣候變遷對台灣地區空氣汙染潛勢衝擊之評析	110 萬
子計畫十	王國英	國立中央大學 大氣物理所	助理教授	區域大氣環境模擬系統(RAEMS)的發展以及其對台灣區域環境變遷評估之應用	140 萬
子計畫十一	李河清	中原大學 人文教育學院	助理教授	氣候變遷對台灣整體影響的綜合評析	100 萬

表 C004

第 頁 共 頁

四、整合型研究計畫項目：

(第三年)

計畫項目	主持人	服務單位系所	職稱	計畫名稱	申請經費 (每年)
總計畫	禡漢如 許晃雄 林沛練	中央大學環境中心 台灣大學大氣系 中央大學大氣系	中心主任 教授 副教授	區域氣候變遷模擬系統之整合與應用	120 萬
子計畫一	禡漢如	國立中央大學 環境中心	教授兼 中心主任	水文逕流模式之發展與在區域氣候預報和氣候變遷上之應用	110 萬
子計畫二	曾仁佑 林沛練	國立中央大學 大氣物理所	副教授	CCM3/MM5 短期氣候變化與區域氣候變遷模擬之研究與應用	115 萬
子計畫三	柯文雄 許晃雄 許武榮 張西亞 鄭守成	國立台灣大學 大氣科學系 國家高速電腦中心	教授 研究員	PRM (普渡區域模式) 應用於台灣地區短期氣候預報和氣候變遷的研究	120 萬
子計畫四	莊秉潔	國立中興大學 環境工程系	副教授	適用於台灣網格之全球氣候模式的發展與未來氣候模擬	100 萬
子計畫五	陳正達 鄒治華 簡芳菁	台灣師範大學 地球科學系	教授 教授 副教授	多重模式的系集預測系統在區域氣候變遷的應用發展研究	130 萬
子計畫六	吳明進 童慶斌 陸雲	台大大氣科學系 台大農業工程系 台大農業經濟系	教授 副教授 主任	全球氣候變遷對台灣區域氣候與水資源衝擊之評析	130 萬
子計畫七	許少華 馮秋霞	逢甲大學 水利工程學系 環境科學與工程學系	副教授 助理教授	區域氣候變遷對地下水資源衝擊之模擬與評析	84 萬
子計畫八	馮豐隆	國立中興大學 森林學系	教授	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估	120 萬
子計畫九	張哲明 張隆男	國立中央大學 環境中心	副研究員 教授	氣候變遷對台灣地區空氣汙染潛勢衝擊之評析	110 萬
子計畫十	王國英	國立中央大學 大氣物理所	助理教授	區域大氣環境模擬系統(RAEMS)的發展以及其對台灣區域環境變遷評估之應用	140 萬
子計畫十一	李河清	中原大學 人文教育學院	助理教授	氣候變遷對台灣整體影響的綜合評析	100 萬

表 C004

第 頁 共 頁

四、整合型研究計畫項目：(第四年)

計畫項目	主持人	服務單位系所	職稱	計畫名稱	申請經費(每年)
總計畫	嵇漢如 許晃雄 林沛練	中央大學環境中心 台灣大學大氣系 中央大學大氣系	中心主任 教授 副教授	區域氣候變遷模擬系統之整合與應用	120 萬
子計畫一	嵇漢如	國立中央大學 環境中心	教授兼 中心主任	水文逕流模式之發展與在區域氣候預報和氣候變遷上之應用	110 萬
子計畫二	曾仁佑 林沛練	國立中央大學 大氣物理所	副教授	CCM3/MM5 短期氣候變化與區域氣候變遷模擬之研究與應用	115 萬
子計畫三	柯文雄 許晃雄 許武榮 張西亞 鄭守成	國立台灣大學 大氣科學系 國家高速電腦中心	教授 研究員	PRM (普渡區域模式) 應用於台灣地區短期氣候預報和氣候變遷的研究	120 萬
子計畫四	莊秉潔	國立中興大學 環境工程系	副教授	適用於台灣網格之全球氣候模式的發展與未來氣候模擬	100 萬
子計畫五	陳正達 鄒治華 簡芳菁	台灣師範大學 地球科學系	教授 教授 副教授	多重模式的系集預測系統在區域氣候變遷的應用發展研究	130 萬
子計畫六	吳明進 童慶斌 陸雲	台大大氣科學系 台大農業工程系 台大農業經濟系	教授 副教授 主任	全球氣候變遷對台灣區域氣候與水資源衝擊之評析	130 萬
子計畫七	許少華 馮秋霞	逢甲大學 水利工程學系 環境科學與工程學系	副教授 助理教授	區域氣候變遷對地下水資源衝擊之模擬與評析	82 萬
子計畫八	馮豐隆	國立中興大學 森林學系	教授	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估	120 萬
子計畫九	張哲明 張隆男	國立中央大學 環境中心	副研究員 教授	氣候變遷對台灣地區空氣汙染潛勢衝擊之評析	110 萬
子計畫十	王國英	國立中央大學 大氣物理所	助理教授	區域大氣環境模擬系統(RAEMS)的發展以及其對台灣區域環境變遷評估之應用	140 萬
子計畫十一	李河清	中原大學 人文教育學院	助理教授	氣候變遷對台灣整體影響的綜合評析	100 萬

表 C004

六、博士後研究：

請分年述明博士後研究參與本研究計畫之

- 1.目的及必備之專長。
- 2.研究項目等。
- 3.工作份量及其對該計畫之影響程度。
- 4.工作績效評估準則。
- 5.若已有人選者，請務必於表內填註人選姓名，並將其個人資料表併同本計畫書送本會。

博士後研究人選姓名： _____

七、研究人力費：

1. 類別/級別欄請依專任(含碩士、學士、三專、五(二)專及高中職)、兼任助理(含博士生、碩士生、大專學生、講師及助教)及臨時工等填寫。
2. 博士班研究生獎助金、碩士班研究生及大專學生研究助學金自 90 年 8 月 1 日起改按獎助單元申請，每單元為新台幣 2,000 元。博士生每名每月至多申請 14 個獎助單元，碩士生每名每月至多申請 4 個獎助單元，大專學生每名每月至多申請 2 個獎助單元。
3. 擔任本會補助研究計畫之專任助理，其敘薪年資最高以三年為限(依立法院預算審議決議辦理)。
4. 請分年列述。

(一) 專任助理、講師及助教級兼任助理、臨時工資						
類別 / 級別	人數	姓名	工作月數	月支酬金	小計	在本研究計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍
臨時工資		待聘	1 年	120,000	120,000	協助野外調查等
合 計(一)					120,000	
(二) 博士班研究生、碩士班研究生及大專學生兼任助理						
級 別	人數	每人全年獎助單元數	小計 (=\$2,000*人數*單元數)		在本研究計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍	
碩士班研究生	2	36	144,000		資料蒐集、建檔、處理分析	
合 計(二)			144,000			
總 計(三)=合計(一)+合計(二)				264,000		

表 C007

共 頁 第 頁

八、助理人員學經歷說明

姓 名	吳昶清			王駿穠			
出生年月日	65年9月14日	性別	(<input checked="" type="checkbox"/>)男(<input type="checkbox"/>)女	67年6月17日	性別	(<input checked="" type="checkbox"/>)男(<input type="checkbox"/>)女	
級 別	專 任	()高中職()五二專()三專()學士()碩士			()高中職()五二專()三專()學士()碩士		
	兼 任	()博士生(<input checked="" type="checkbox"/>)碩士生()大專學生()講師()助教			()博士生(<input checked="" type="checkbox"/>)碩士生()大專學生()講師()助教		
聘 僱 期 間	自 90 年 08 月 01 日 至 91 年 07 月 31 日			自 90 年 08 月 01 日 至 91 年 07 月 31 日			
月支酬金/助學金	6,000			6,000			
專任助理	最高學歷	學校 系(所)			學校 系(所)		
	修業期間	年 月 至 年 月			年 月 至 年 月		
兼任助理	講師/助教	任職起始日期： 年 月			任職起始日期： 年 月		
	研究生/ 大專學生	入學日期： 89 年 09 月 就讀學校系所：中興大學森林研究所			入學日期： 89 年 09 月 就讀學校系所：中興大學森林研究所		
曾 擔 任 之 研 究 計 畫 (申請專任助理者請填寫)	名 稱	1.			1.		
	編 號						
	任 期	自 年 月 至 年 月			自 年 月 至 年 月		
	名 稱	2.			2.		
	編 號						
	任 期	自 年 月 至 年 月			自 年 月 至 年 月		
	名 稱	3.			3.		
	編 號						
	任 期	自 年 月 至 年 月			自 年 月 至 年 月		
	名 稱	4.			4.		
	編 號						
	任 期	自 年 月 至 年 月			自 年 月 至 年 月		

表 C008

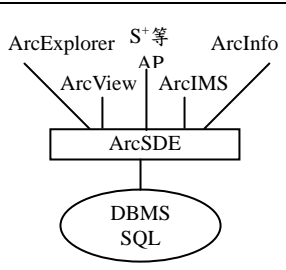
共 頁 第 頁

九、研究設備費：

1. 類別分為儀器、圖書、資訊軟硬體或其他等。儀器設備單價超過六十萬元(含)以上者，請加填表 C009-1。
2. 設備名稱欄內請填寫儀器、資訊軟硬體或書籍雜誌期刊等之中文/英文名稱。
3. 說明欄內請詳細填寫設備之規格、製造廠商、型號及用途，以利審查，若為圖書設備，則於說明欄內填寫作者姓名、出版社及出版日期。
4. 購置設備單價在新臺幣二十萬元以上者，須檢附估價單。
5. 若申請機構及其他機構有提供配合款，請務必註明提供配合款之機構及金額。
6. 請分年列述。

第一年

金額單位：新台幣元

類別	設備名稱 (中文/英文)	說明	數量	單價	金額	經費來源		
						本會補助 經費需求	提供配合款之機 構名稱及金額	
研究設備費	結構查詢語言 資料庫(SQL)	資料庫管理系統以利台灣氣象資料(土壤、生育地因子、地形、植生、土地利用)、各種不同時間尺度、空間尺度資料的建檔、彙整、貯存、更新與管理。	壹	100,000	100,000			
研究設備費	ArcSDE Server 地理資訊系統 伺服器	以集中式與關連式資料庫(RDBMS)方式，可以整合存取及管理於 GIS 圖層及表格的空間資料，更可供多人使用地理資料庫技術 (multi-user geodatabase technology) 整合 ArcView, ArcInfo, ArcIMS 等地理資訊系統(如圖 1)，以提供網路分享。	壹	400,000	400,000		89.11 由農委會 89 遙測 -4.1- 林-65(6) 補助購置 ArcInfo8.0.2, 37 萬; 87 環保署計畫補助 ArcView, 20 萬。	
		 <p>ArcExplorer S⁺等 ArcInfo ArcView AP ArcIMS ArcSDE DBMS SQL</p> <p>圖 1、ArcSDE 結構圖</p>						
					計	500,000		

九、研究設備費：

- 1.類別分為儀器、圖書、資訊軟硬體或其他等。儀器設備單價超過六十萬元(含)以上者，請加填表 C009-1。
- 2.設備名稱欄內請填寫儀器、資訊軟硬體或書籍雜誌期刊等之中文/英文名稱。
- 3.說明欄內請詳細填寫設備之規格、製造廠商、型號及用途，以利審查，若為圖書設備，則於說明欄內填寫作者姓名、出版社及出版日期。
- 4.購置設備單價在新臺幣二十萬元以上者，須檢附估價單。
- 5.若申請機構及其他機構有提供配合款，請務必註明提供配合款之機構及金額。
- 6.請分年列述。

第二年

金額單位：新台幣元

類別	設備名稱 (中文/英文)	說明	數量	單價	金額	經費來源	
						本會補助 經費需求	提供配合款之機 構名稱及金額
研究設備 費	ArcIMS 網路圖 資伺服器軟體	支援網路 Web 伺服器 做遠端管理，提供影像 檔(如 .jpg, .gif)及向量 檔(.shp, coverge)傳輸 及地圖展示。	壹	200,000	200,000		
合				計	200,000		

表 C009

共 頁 第 頁

九、研究設備費：

- 1.類別分為儀器、圖書、資訊軟硬體或其他等。儀器設備單價超過六十萬元(含)以上者，請加填表 C009-1。
- 2.設備名稱欄內請填寫儀器、資訊軟硬體或書籍雜誌期刊等之中文/英文名稱。
- 3.說明欄內請詳細填寫設備之規格、製造廠商、型號及用途，以利審查，若為圖書設備，則於說明欄內填寫作者姓名、出版社及出版日期。
- 4.購置設備單價在新臺幣二十萬元以上者，須檢附估價單。
- 5.若申請機構及其他機構有提供配合款，請務必註明提供配合款之機構及金額。
- 6.請分年列述。

第三年

金額單位：新台幣元

類別	設備名稱 (中文/英文)	說明	數量	單價	金額	經費來源	
						本會補助 經費需求	提供配合款之機 構名稱及金額
研究設備費	ArcInfo 8.0 Lab Kit 地理資訊系 使用工具	多增加(ArcInfo/GIS)一個使用者，以利同時使用路網分析模組、三維分析模組、空間分析模組、圖庫管理、出圖系統。	壹	250,000	250,000		
合					計 250,000		

表 C009

共 頁 第 頁

九、研究設備費：

- 1.類別分為儀器、圖書、資訊軟硬體或其他等。儀器設備單價超過六十萬元(含)以上者，請加填表 C009-1。
- 2.設備名稱欄內請填寫儀器、資訊軟硬體或書籍雜誌期刊等之中文/英文名稱。
- 3.說明欄內請詳細填寫設備之規格、製造廠商、型號及用途，以利審查，若為圖書設備，則於說明欄內填寫作者姓名、出版社及出版日期。
- 4.購置設備單價在新臺幣二十萬元以上者，須檢附估價單。
- 5.若申請機構及其他機構有提供配合款，請務必註明提供配合款之機構及金額。
- 6.請分年列述。

第四年

金額單位：新台幣元

類 別	設備名稱 (中文/英文)	說 明	數量	單 價	金 額	經費來源	
						本會補助 經費需求	提供配合款之機 構名稱及金額
研究設備 費	ArcInfo 8.0 Lab Kit 地理資訊系 使用工具	再多增加(ArcInfo/GIS) 一個使用者，以利同時 使用路網分析模組、三 維分析模組、空間分析 模組、圖庫管理、出圖 系統。	壹	250,000	250,000		
合				計	250,000		

表 C009

共 頁 第 頁

九、研究設備(續)

1. 凡執行本計畫所購置之儀器設備費，單價在六十萬元(含)以上者，應填寫此表。
2. 請詳述本設備之規格與功能(諸如靈敏度、精確度...等)，其他重要特性與重要附件，以及申購本設備對計畫執行之必要性，超過一件以上者，請影印此表格填寫。
3. 本設備若獲補助，主持人應負維護保養之責，並且在不妨礙個人研究計畫或研究群計畫之工作下，同意提供他人共同使用，以避免設備閒置。
4. 請分年列述。

--

表 C009-1

十、赴國外或大陸地區差旅費

- 1.類別分為「實驗」、「研究」、「田野調查」等。
- 2.若各出國人員之出國行程、停留國家地區城市有所不同，則請就各段行程之出國人員姓名一一填寫，以便計算生活費人次。
- 3.生活費請依照行政院頒布之「國外出差旅費規則」規定標準填列。其他費用包括證照、保險或其他相關費用等。
- 4.請將所列各項費用換算為台幣後，加總填入合計欄內，並於說明欄內註明估算匯率。有關此部份之工作報告應於計畫執行完畢後之成果報告中專欄提出。
- 5.如申請赴大陸地區差旅費務請加填表 C101~C104。
- 6.請分年列述。

出國人員姓名	參與本計畫之職務	出國類別	具體工作內容、出國行程及停留國家地區之城市名稱
馮豐隆	主持人	研究	2001年7月~10月間赴美國麻州(Woods Hole, Massachessetts) Dr, Melillo 所主持的生態中心生物研究室(Ecosystem Center, Marine Biological Laboratory)進行訪問及討論 TEM 模式於台灣地區氣候變遷對森林生態系影響評估上的應用。
申 請 補 助 費 用			
補助項目	預估經費	說明	
交 通 費	40,000	至美國	
生 活 費	57,750	10天*165美元/天*35台幣/美元	
其 他 費 用	15,000	購置參考資料	
共 計	112,750		

表 C010

十一、出席國際學術會議差旅費：

1. 限主持人及博士班研究生申請。
2. 請分年列述。

預定參加學術會議之性質、預估經費、天數及地點。			
<p>1、2001年8月12-18日於加拿大 B.C Vancouver 舉辦的 Forestry Modelling for Ecosystem Management, Forest Certification and sustainable Management, 係 IUFRO 4.0 與 IUFRO 8.0 部門針對森林生態系經營模式，包括森林生產力、森林健康及森林歧異度之現況、功能與變遷之評估模式建立、測驗及森林認證，以供森林永續經營之依據。提供森林及土地利用部門碳吸存、釋出評估及森林經營策略上，有相當重要的會議，約計 10 天，經費約需 12 萬元，在加拿大 British Columbia Vancouver(溫哥華)的 B.C.舉行。</p> <p>2、參加 2001 年 9 月 21-29 日於中國蘭州舉行之 The 2nd IALE Asia-Pacific Region Conference Landscape Change and Human Activity, 係針對亞洲太平洋地區地景變遷及人類活動衝擊的研究，以及地景格局(pattern)與過程(process)評估、重建、回復策略之擬定。約計 10 天，經費約需 14 萬元，在中國大陸－蘭州。</p>			
申請人最近三年參加國際學術會議狀況，包含會議名稱、時間、地點、補助機構。			
會議名稱	時間	地點	補助機構
1、IUFRO Conference—"Integrated Tools for Natural Resources Inventories in the 21st Century"	1998 年 8 月 16-30 日	Boise, Idaho. U.S.A.	USDA-FS
2、IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference	1998 年 10 月 12-17 日	Seoul, Korea.	國科費 (機票補助)
3、The IUFRO Conference on—"Remote Sensing and Forest Monitoring",	1999 年 6 月 1-10 日	Rogow, Poland	自費
4、The IUFRO Conference on "Structure of Mountain Forests",	1999 年 9 月 6-15 日	Davos, Switzerland	環保署
5、XXI IUFRO World Congress	2000 年 8 月 7-20 日	Kuala Lumpur, Malaysia.	環保署

表 C011

共 頁 第 頁

十二、其他研究有關費用：

1. 凡與本研究計畫之執行直接有關之費用如消耗性器材及藥品費、電腦使用費、問卷調查費、郵電費、國內差旅費、印刷費、資料檢索費、論文發表費(限國科會補助計畫之成果)、意外險之保險費等，均可填入本表內。
2. 說明欄請就該項目之規格、用途等相關資料詳細填寫，以利審查。
3. 若申請單位有配合款，請於備註欄註明。
4. 請分年列述。

第一年

金額單位：新台幣元

項 目 名 稱	說 明	單 位	數 量	單 價	金 額	備 註
消耗性器材	CD 片	片	50	30	1500	
消耗性器材	磁碟片 2HD	盒	10	300	3000	
消耗性器材	碳粉匣 (HP 4M Plus)	個	3	3500	10500	
郵電費	電話費、傳真及郵資	月	12	1500	18000	
國內差旅費	依國科會標準	天	40	1000	40000	
印刷費	報告及資料印刷(A4、B4)	本	50	300	15000	
雜費	野外調查材料、保險、文具、軟片(正、負片)等雜費	式	1	31325	31325	
合 計					119,325	

表 C012

共 頁 第 頁

十四(1)、整合型計畫重點說明：(總計畫及各子計畫之申請人均須填附此表)

請就下列各點分項述明：

1. 整合之必要性：包括總體目標，整體分工合作架構。
2. 人力配合度：包括計畫主持人協調領導能力，各子計畫主持人之專業能力以及分工合作程度。
3. 資源之整合：包括各子計畫所需各項儀器設備之共用情況，以及各子計畫研究成果與經驗交流情況。
4. 申請機構或其他單位之配合度。
5. 預期綜合效益。

一、總計畫研究總目標及分年研究重點**1、計畫說明**

自工業革命後，大氣中溫室氣體(GHG, Greenhouse Gas)濃度持續地增加，並導致全球氣候變化，在這幾年中已成為環境科學及大氣科學研究的重要課題(Schneider, 1990)，而其所造成的衝擊，亦影響至農、林、漁牧、水資源、海岸管理及社會經濟等各層面(IPCC, 1996)，因而成為各國決策者及國際環保團體關切之議題，為因應此一趨勢，尋求國際間共同合作的解決方案，先後成立了許多國際組織制定"氣候變化綱要公約(1992)及京都議定書(1997)"，以期減緩溫室氣體排放，冀能穩定全球氣候變化。

同時，各國科學家亦做各種科學證據之提供，以及各種可能之氣候變化的評估研究，以供決策者之參考。值此其間，我國除應積極參與國際環保夥伴之共同合作事宜之外，亦當進行臺灣地區氣候變化之評估工作，以瞭解臺灣地區氣候受全球變遷之影響程度，除理論上氣候變化之瞭解外，尚須進一步之定量上評估，實為我國參與國際合作時之重要課題。

台灣在永續發展的策略思考下，為因應全球變遷所帶來之可能衝擊，吾人所必須建構之科學評估工具 (IPCC, 1996; UNEP, 1998) 至少應涵括圖1模型所示，包含全球氣候與區域氣候模式，以模擬全球與區域之氣候情境變化；

測量大氣物理變數與化學場變化以作為上述模式之輸入或驗證；模式與量測結果作為衝擊評估之依據，以供永續發展策略之制定，這將影響吾人賴以生存之環境空間，無論在土地利用、水資源規劃與分配、能源使用、公共衛生、生態環境，乃至人口政策調整等政策方針，均將面臨嚴峻之思考與規劃，提供未來台灣生存與發展之願景。

以往永續會支持的相關計畫中，似乎著重在願景規劃上，但誠如圖1所示，前提應是建立在模式預估與測量大氣參數的正確與否的基礎上。尤其在模式方面，台灣目前尚乏一套完整之區域氣候變遷與預報之整合模式，大都引用國外之氣候情境模擬結果來推估下游之衝擊評估。因此，我們結合國內地球科學、環境、化學、生態、社經、及工程等方面專長的專家學者共同提出此一整合計畫，擬於四年後，建立本土之區域氣候預報與變遷模擬系統之整合模式，做為衝擊評估與永續發展政策制定之前導工具。以提供下游在氣候與環境變遷對水資源、森林、地下水、空氣汙染擴散潛勢、以及大氣化學場變化等之衝擊評析。

過去無論在短期的氣候預報或長期的氣候變遷模擬，均使用單一模式來進行，經由比較發現各個模式間均有明顯之系統性偏差。為了消除這些系統性偏差，最近的研究顯示多模式之系集預報或模擬，則可達到此一要求。因此本研究將整合國內現有之各個全球與區域氣候模式，進行系集式之預報與模擬，以得到一組最合適之氣候變數場，提供給下游計畫進行區域氣候變遷衝擊評析之依據。

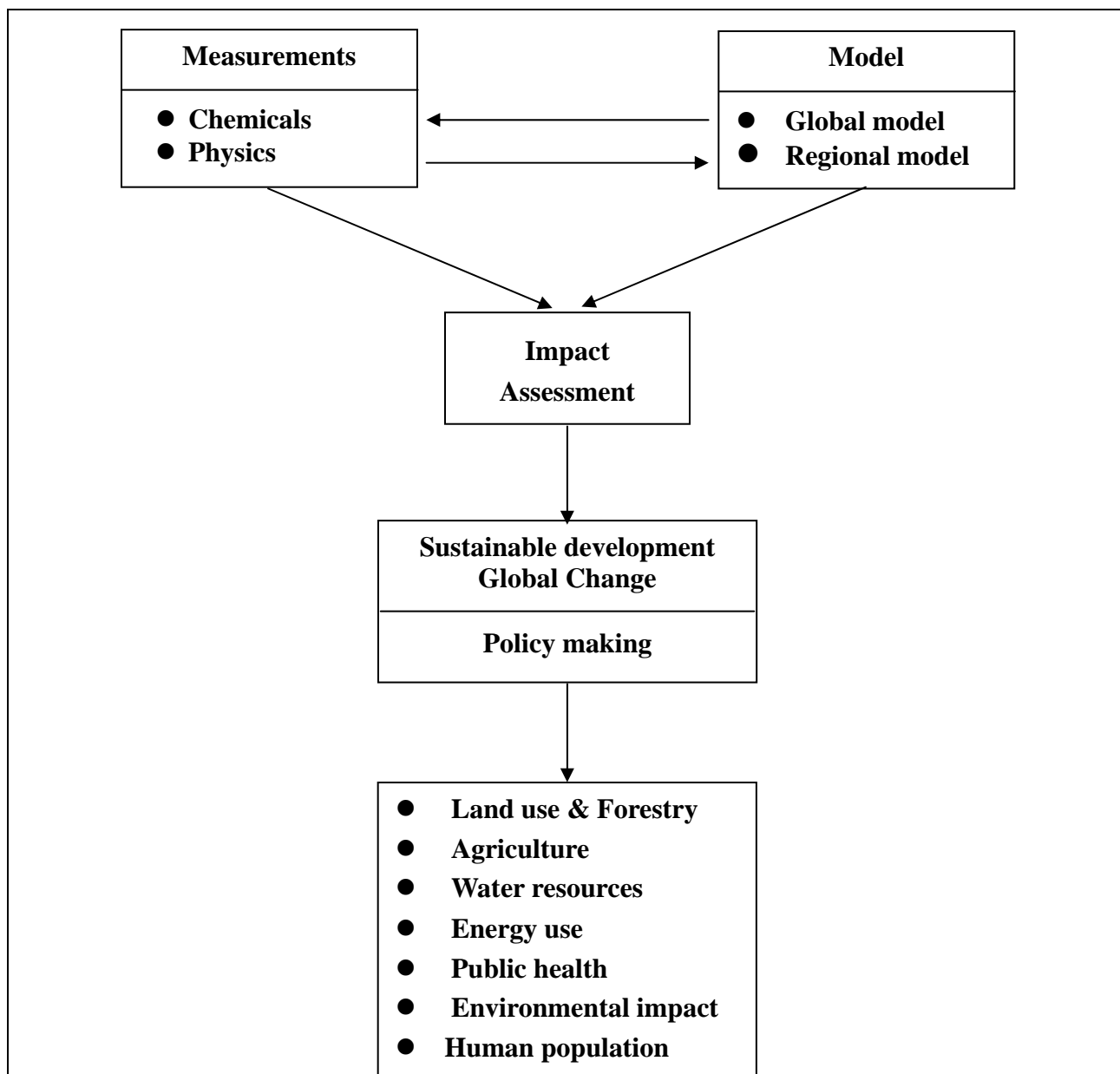


圖1、在永續發展策略思考下，因應全球變遷衝擊所必須建構之科學評估工具基本模型。

2、計畫總目標

本研究旨在現有基礎上，整合現行之全球與區域氣候模式，並在全球氣候變遷與短期氣候變化的議題下，建立模擬區域氣候變化與伴隨之大氣化學場、水資源、森林生態再分配 (redistribution) 之能力，進而提供相關科學家對土地、生物質、水資源、能源以及農業林政策等從事衝擊評估 (Impact assessment) 所必須之基本資訊。因此，本研究總目標分述如下：

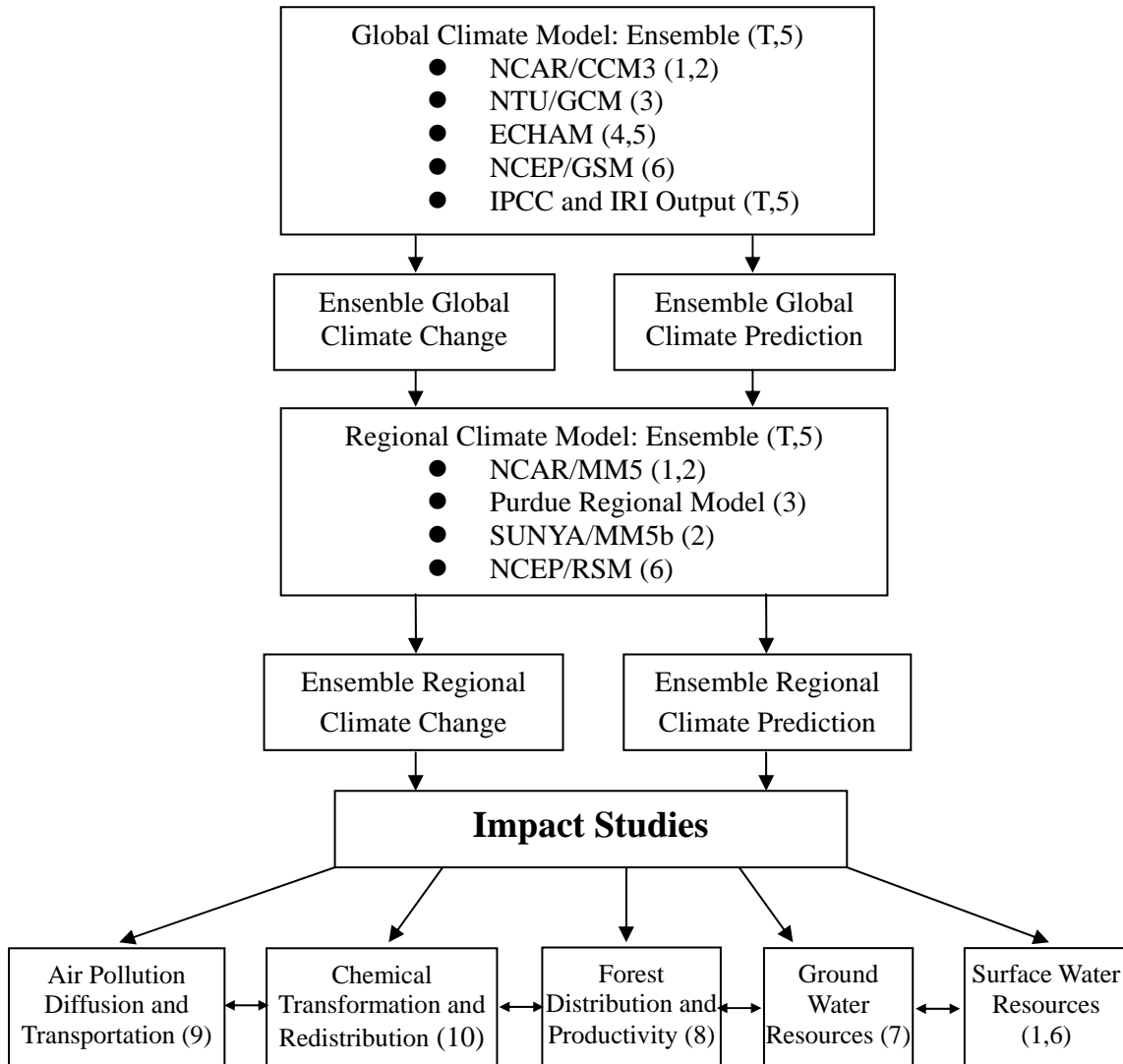
- 建立全球與區域氣候模式系集模擬之能力。
- 建立區域大氣化學模擬能力。
- 整合上述模式以探討區域氣候變化對大氣化學場之影響。
- 評估區域氣候與大氣環境之變化對台灣水資源、空氣汙染、森林生態等之衝擊。
- 亦可提供給其他研究群進行生態環境、海岸變遷、農林漁牧、社會經濟以及能源產業等之衝擊研究。

- 配合永續會主軸計畫及橫向相關計畫之研究成果及決策部門之參與提供政府在資源利用與環境永續發展決策上之科學依據。

本研究預計四年可完成模式整合與應用，逐年研究重點述如下：

為達成上述目標，本研究由十一個子計畫組成，工作架構如圖 2 所示，基本上可分為：

- 全球氣候模式（子計畫一、二、四、五、六）
- 區域氣候模式（子計畫一、二、三、六）
- 氣候模式系集模擬系統（總計畫及子計畫一～六）
- 大氣化學模式（子計畫九、十）
- 環境變遷衝擊之評析（子計畫一、六～十一）



An integrated modeling study of regional climate and impact studies.

圖 2、區域氣候模式整合系統與衝擊評析。括符內數字為子計畫編號，T 為總計畫

3、分年研究重點

● 第一年（90/8-91/7）

1. 建立區域氣候模式對短期氣候之模擬能力。
2. 發展區域大氣化學與水文模式。

3. 建立氣候變化對環境（森林、水資源、空氣汙染、大氣化學場等）衝擊評析之工具與方法。
4. 建立全球與區域模式耦合界面及氣候模擬之系集分析方法。

● 第二年（91/8-92/7）

1. 建立各區域氣候模式對不同季節模擬之氣候特性。
2. 整合各區域氣候模式之模擬結果，以進行系集分析與驗證。
3. 提供氣象／水文／化學模擬分析結果，以進行對環境衝擊之評析與驗證。
4. 蒐集 IPCC 與 IRI 對氣候變遷之模擬資料。

● 第三年（92/8-93/7）

1. 持續進行區域氣候模式對不同季節模擬之氣候特性的建立。
2. 整合各區域氣候模式模擬結果，以進行區域氣候之系集分析與驗證。
3. 提供系集分析結果以進行短期氣候變化對環境衝擊評析。
4. 建立區域氣候模擬之高解析度網點資料庫。
5. 進行全球與區域氣候模式對氣候變遷之模擬測試。

● 第四年（93/8-94/7）

1. 進行全球氣候模式對不同氣候情境模擬結果之系集分析。
2. 使用全球氣候模式之系集分析結果，進行區域氣候模式之系集模擬。
3. 建立區域氣候模擬與短期氣候系集模擬之資料庫以進行短期氣候變化對環境衝擊評析。
4. 建立區域氣候變遷系集模擬資料庫，以進行氣候變遷對環境衝擊評析。

二、工作方法，整合之必要性及整體分工合作架構

1、工作方法

本整合研究計畫之執行流程分為三個步驟：

A. 全球氣候模式模擬之系集分析：

- (1) 蒐集國外各主要氣候模式對不同氣候情景之氣候變遷模擬結果；
- (2) 進行全球氣候模式對不同氣候情景模擬之系集分析；
- (3) 進行全球短期氣候模擬。

B. 區域氣候模式系集模擬：

- (1) 使用全球氣候模式模擬之系集分析結果，作為區域氣候模式之初始與邊界條件，以進行氣候情景與短期氣候變化模擬；
- (2) 進行區域氣候模擬之系集分析，提供下游進行環境衝擊評析。

C. 進行短期氣候變化與區域氣候變遷對環境衝擊評析研究：包括水資源、森林生態、大氣化學、空氣汙染傳送與擴散等。

2、具體工作項目及時程

第一年 以建置各種模式（包括氣候模式，大氣化學模式，水文模式及氣候變遷對不同領域衝擊之評估模式等）為基礎，進行系集模擬系統及評析架構之建立，輸入輸出介面之發展，全球氣候分析或模擬場之收集分析，各種模式①輸入資料收集整理，並進行②模式模擬測試以及③衝擊評析方法與④流程之建置。為了了解區域氣候模式之模擬能力及適用性，將選擇具有較好觀測資料之 1998 年 5 月，6 月，7 月，8 月之時段做為模擬之目標，以評估模式之表現及適用性，區域模式輸入所需之全球氣候資料將直接引用 ECMWF 之再分析網格資料，以了解模式對過去歷史氣候之掌握能力，同時也將收集整理該段時間之密集氣象觀測與水文資料，以提供其他模式進行模擬測試以及建立評析系統所需輸入參數之用。

- 第二年 將持續進行多年長時間之模擬以逐步建立不同季節區域模式所模擬出來較高解析度的區域氣候特性，每個季節將至少進行十年以上之多年模擬，並且進行 10 個以上不同模式或同模式但不同模擬過程之系集模擬資料檔，以進行系集式之區域氣候模擬，並進行不同全球氣候模式針對 IPCC 氣候變遷預設情況模擬輸出場之收集以及本土全球氣候模式之氣候變遷模擬，收集區域氣候觀測與模擬之資料庫以進行大氣化學場，水資源，地下水，森林植生分布與生產力變化之模擬和綜合評析。
- 第三年 持續進行不同季節區域氣候之系集模擬分析與驗證，建立不同季節區域氣候觀測與系集模擬之資料庫，進行不同季節區域氣候變化對各種領域之衝擊模擬與綜合評析。收集整理 IPCC 或國內全球氣候模式針對不同氣候變遷情境模擬之輸出資料庫進行區域氣候變遷之模擬測試，並進行驗證，將模擬結果提供環境變遷衝擊評析之用。
- 第四年 進行區域氣候變遷之系集模擬與區域氣候變遷之評析，建立資料庫，完成氣候變遷對大氣化學場、水資源、森林植生分布與生產力等之模擬與綜合評析。建立區域氣候變遷對環境影響之資料庫，以提供政策擬定之參考。

3、整合必要性與分工合作架構

誠如圖二所示，以上十一個子計畫之分工相當明確，互為相關，必須整合共同執行，才能達成目標。全球氣候模式之短期氣候變化模擬與氣候情境模擬結果為區域氣候模式之邊界條件，亦為驅動全球大氣化學模式所必須之氣象場。區域氣候模式之輸出氣象場則進一步驅動區域大氣化學模式、水文模式、與生態模式，以進行環境衝擊評析。由以上說明，不難理解為何這個模式系統必須整合，每一部份不可或缺。橫向方面，不同的區域氣候模式或水文模式在研究進行期中，都會不斷的進行模式間的比對及驗證，以確定模式的可信度。

為了評估全球氣候變遷對台灣地區的影響，首先必需瞭解有關氣候變化本身的定量資料，這項資料應該包括台灣地區過去，現在，以及將來的氣候狀況。以這些資料為基礎，得以對各氣候模式之模擬結果進行驗證。台灣及鄰近區域的氣候觀測和分析資料除了中央氣象局現有之氣候監測資料外，尚有歐洲中期天氣預報中心（ECMWF）與美國國家環境預報中心（NCEP）的全球觀測同化資料以及超過四十年之全球重新分析資料。氣候變遷預設情境之全球氣候模擬資料可由 ECHAM, NCAR/CSM, NCAR/CCM3, GFDL 等研究中心取得，亦可由國內 NTU-GCM、NCU/CCM3 以及 CWB/GSM 等模式進行模擬。

對於大範圍不同區域之氣候變化，需藉助現有的一些全球氣候模式來加以估算。可是直接將全球環流模式的資料，應用到類似台灣這種島嶼國家的氣候影響評估，目前仍有極大的困難，其主要的問題在於，全球模式的水平網格分辨率太粗，以及模式的解析度無法處理台灣的地形。因此，在全球模式在台灣附近的網格點資料只能代表氣候區域氣候背景場的特性，而不能代表臺灣任何地方之氣候狀況，我們必需發展一些方法，建立以全球環流模式為基礎的次網格尺度區域預測情景（Sub-grid Scale Regional Scenario）。

區域氣候模式考慮比全球氣候模式更詳細的氣候過程，例如地表能量收支，大氣輻射傳遞以及邊界層的物理等，最近幾年的相關研究報告指出，區域氣候模式對地形和地表過程有相對較高的解析度，所以利用區域模式能夠獲得較精確的區域降水、溫度和地表水文過程的分佈（Giorgi and Mearns, 1991; Giorgi et al. 1994, Hirakuchi and Giorgi, 1995）。因此世界各國評估其受氣候變化之影響，亦以局部地區氣候為評估之依據，而非以全球模式之輸出作為評估之依據。

過去無論在短期的氣候預報或長期的氣候變遷模擬，經常使用單一模式來進行，經過分析比較，發現各個模式間均有明顯之系統性偏差。為了消除這些系統性偏差，最近的研究顯示多模式之系集預報或模擬，似可達到此一要求。所謂之系集模擬分為單一模式之系集模擬

與多重模式之系集模擬。本整合計畫擬採用多重模式之系集模擬。為了結合不同模式之模擬結果以求得最佳之氣候狀態，每個單一模式之系統性偏差必須先加以分析與校正。校正的方法可以使用，奇異值分解法(SVD)，然後再利用多重迴歸技術結合多重模式的模擬或預報結果，組成一多重模式之系集模擬場(Krishnamurti et al., 1999)。

目前國內已建置而且已經多方面發展測試的全球模式包括 NCAR/CCM3，NTU/GCM，ECHAM，NCEP/GSM 等，因此可以整合這些全球氣候模式，進行全球氣候短期變化之系集模擬分析。區域氣候模式方面，目前國內已引進而且已有多方面之模擬測試發展的中尺度模式包括 NCAR/MM5、Purdue Regional Model、SUNYA/MM5 以及 NCEP/RSM 等。本計畫將整合這些區域氣候模式來進行短期區域氣候變化以及長期區域氣候變遷的系集模擬。以得到一組最合適之氣候變數場，提供給下游計畫進行區域氣候變遷衝擊評析之依據。

三、參與研究人力及分工情形

參與本計畫主要研究人力(含計畫總主持人，子計畫主持人及共同主持人)如表一所列。總計畫兼子計畫一主持人禡漢如教授(兼環境中心主任)專長於動力氣象、模式分析及各種尺度大氣現象之分析，對於理論、資料與模式之結合與解釋深具經驗，並在雲動力與大氣化學交互作用上，亦多有著述(詳見其著作目錄)。此外，在總計畫中亦將對各個模式之氣候模擬結果作系集式的處理，並且建立短期氣候變化與區域氣候變遷之模式輸出資料庫。以提供進行氣候變化對水資源、森林生態、大氣化學與空氣汙染物之傳輸與擴散等環境衝之評析。

各子計畫之主持人或共同主持人均在各相關研究主題有多年豐富的研究經驗。例如具有全球氣候模式之研究專長的人力有：柯文雄、許晃雄、陳正達、鄒治華、吳明進、莊秉潔、曾仁佑等教授。區域氣候模式之研究人力包括：柯文雄、許武榮、張西亞、鄭守成、吳明進、林沛練、簡芳菁、曾仁佑、蕭志惠等教授。大氣化學與空氣汙染擴散模式之研究人力包括：王國英、張隆男、張哲明、莊秉潔、林沛練等教授。水文模式之研究人力包括：禡漢如、童慶斌、許少華、馮秋霞及莊秉潔等教授。社經衝擊評估研究人力有陸雲教授等人。森林生態之研究人力為馮豐隆、高勝助教授等人。環境衝擊整體評估之研究人力為李河清教授等人。相關研究人力的負責項目與分工情形見表 1。

表 1：計畫人力分配與工作內容

計畫項目	參與人力	工作內容
總計畫	蔺漢如 教授兼中心主任 許晃雄教授 林沛練副教授 蕭志惠研究員	負責子計畫間協調與進度監督，系集模擬之整合，模擬個案設計。資料庫之建立。負責 CWB/RSM 區域氣候模擬
子計畫一	蔺漢如 教授兼中心主任	水文逕流模式之發展與在區域氣候預報和氣候變遷上之應用
子計畫二	曾仁佑 副教授	CCM3/MM5b 區域氣候模式之模擬與結果分析
	林沛練副教授	MM5 區域氣候模式之模擬與結果分析
子計畫三	柯文雄 教授	NTU 全球模式與 PRM (普渡區域模式)之整合
	許晃雄教授	PRM 模擬結果分析
	許武榮教授	個案設計與模式模擬
	張西亞、鄭守成研究員	負責 PRM 模式平行化發展
子計畫四	莊秉潔 副教授	適用於台灣網格之 ECHAM 全球氣候模式的發展與未來氣候模擬
子計畫五	陳正達 教授 鄒治華教授 簡芳菁副教授	多重模式的系集預測系統在區域氣候變遷的應用發展研究
子計畫六	吳明進 教授	全球與區域 (RSM) 氣候之模擬
	童慶斌教授	區域氣候變遷對水資源衝擊之評析
	陸雲主任	區域氣候變遷對社經衝擊之評析
子計畫七	許少華 教授 馮秋霞助理教授	區域氣候變遷對地下水資源衝擊之模擬與評析
子計畫八	馮豐隆 教授	區域氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估
子計畫九	張哲明 副研究員	區域氣候變遷對空氣汙染傳送與擴散潛勢之評析
	張隆男教授	區域氣候變遷與空氣汙染相關資料分析與整合
子計畫十	王國英 助理教授	區域大氣環境模擬系統(RAEMS)的發展以及其對台灣區域環境變遷評估之應用
子計畫十一	李河清 助理教授	氣候變遷對台灣整體影響的綜合評析

註：黑體字顯示為計畫主持人，其餘為共同主持人。

四、預期效應

完成此整合計畫後，吾人預期可以得到以下成果：

- 建立本土之區域氣候預報之系集模擬模式，具備對區域氣候與大氣污染排放對區域環境改變模擬能力。
- 了解短期氣候變化下，區域氣候與大氣化學場變化對台灣水資源、森林生態、空氣汙染等的影響。

- 以上成果可提供政府相關單位決策之效益評估的科學依據。

對於政府各部門與民間機構可能使用本研究成果或協助其制定政策情形如下：

1、水資局

- 提供評估水文循環及水資源(包括水量及水質)之影響依據。

2、農委會

- 提供評估氣候變遷對農業和糧食生產。
- 提供評估林業影響之依據。
- 提供評估漁業影響之依據。
- 提供評估畜牧業影響之依據。
- 提供評估生物歧異度(基因、物種及地景歧異度)影響之依據。

3、環保署

- 提供在氣候變遷下，台灣環境變化之基本資訊，以供其因應對策之制定。
- 提供界定與釐清跨國污染物傳送問題之依據。
- 提供因應「氣候變化綱要公約」之管制策略與對策的科學依據。

4、氣象局

- 有助培育及增進區域氣候模擬能力。
- 有助建立氣候變遷資料庫。

5、經濟部(含電力、石化、鋼鐵等重大產業)

- 因應「氣候變化綱要公約」下之能源政策規劃。
- 協助產業瞭解氣候變遷與產業發展之交互影響。
- 有助於電力規劃，朝多元化、高效能及節能發展。
- 提供在因應「氣候變化綱要公約」下建立之經濟模型的基本資訊，以為國際貿易談判策略之依據。

6、教育

- 有助瞭解全球與區域氣候變遷問題之重要性，並提供為環境教育之教材。

7、衛生署

- 提供氣候變遷之基本資訊，以為相關因應決策之依據。

8、內政部

- 協助在氣候變遷下，在能源使用、土地利用、社會福利等情境預測下，作出調整與對策。

十四(2)、整合型計畫重點說明：(總計畫及各子計畫之申請人均須填附此表)

請就下列各點分項述明：

6. 整合之必要性：包括總體目標，整體分工合作架構。
7. 人力配合度：包括計畫主持人協調領導能力，各子計畫主持人之專業能力以及分工合作程度。
8. 資源之整合：包括各子計畫所需各項儀器設備之共用情況，以及各子計畫研究成果與經驗交流情況。
9. 申請機構或其他單位之配合度。
10. 預期綜合效益。

子計畫”氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估”**一、子計畫研究總目標及分年研究重點****1、計畫說明**

由於大氣中溫室氣體濃度持續地增加，導致全球氣候變化，所造成森林、土地利用、水資源、生物多樣性及社會經濟等各層面的衝擊影響(IPCC, 1996)。且森林是陸域生態系二氧化碳吸存主要場所，森林與土地利用部門的經營規劃成為溫室氣體減緩策略的重點工作。因而成為各國決策者及國際環保團體關切之議題，為因應此一趨勢，尋求國際間共同合作的解決方案，先後成立了許多國際組織制定"氣候變化綱要公約(1992)及京都議定書(1997)"，以期減緩溫室氣體排放，冀能穩定全球氣候變化。

為因應全球變遷所帶來之可能衝擊，吾人必須以測量大氣物理與化學場變化的變數，建構包含全球氣候與區域氣候模式之科學評估工具 (IPCC, 1996; UNEP, 1998)，以模擬全球與區域之氣候情境變化。以作為森林植生分布與生產力衝擊評估之依據，以供永續發展策略之制定，這將影響吾人賴以生存之環境空間，無論在土地利用、水資源規劃與自然資源之分配、能源使用、生物多樣性、生態環境的保育，及人口政策調整等政策方針，均將面臨嚴峻之思考與規劃，以提供未來台灣生存與發展之願景。但願景規劃之前題應建立在生態模式的預測推估與所利用的大氣測量參數資料的正確與否的基礎上。尤其在森林植生分布與生產力的生態模式方面，台灣目前尚乏一套多尺度之整合模式。因此，擬於四年後，我們將建立台灣森林植生分布與生產力的生態模式，以此一整合計畫，所建立之本土區域氣候預報與變遷模擬系統之整合模式，所測量推導之氣象、水文、化學資料與森林植生分布與生產力的多尺度空間時間資料，進行森林與土地利用部門衝擊評估之工具。以提供森林與土地利用部門衝擊適應發展策略與永續發展政策之制定。

本研究擬(一)整理評析目前森林植生分布與生產力的生態模式的架構、內容、項目並與其他子計劃討論模式所需資料的空間與時間尺度；(二)收集、建檔、貯存、推估台灣網格的森林生物因子資料與生育地因子資料，更結合其他子計劃所提供氣象/水文/化學資料，建立於台灣森林生態系多尺度地理資料庫；(三)利用GIS擷取生物/地理/氣象/土壤/水文/化學資料，以建立空間推估模式與時間預測模式；(四)全島生態分區對氣候變遷所造成的影響。另外，(五)如何以GIS、RS與模式的分析技術，探討應用生物生態與社會經濟的假設情境，來模擬、評估各種策略與經營管理措施對森林生態系植生分布與生產力的影響；(六)結合GIS、地景生態與生態模式模擬，制定森林與土地利用部門衝擊適應發展策略與永續發展政策。

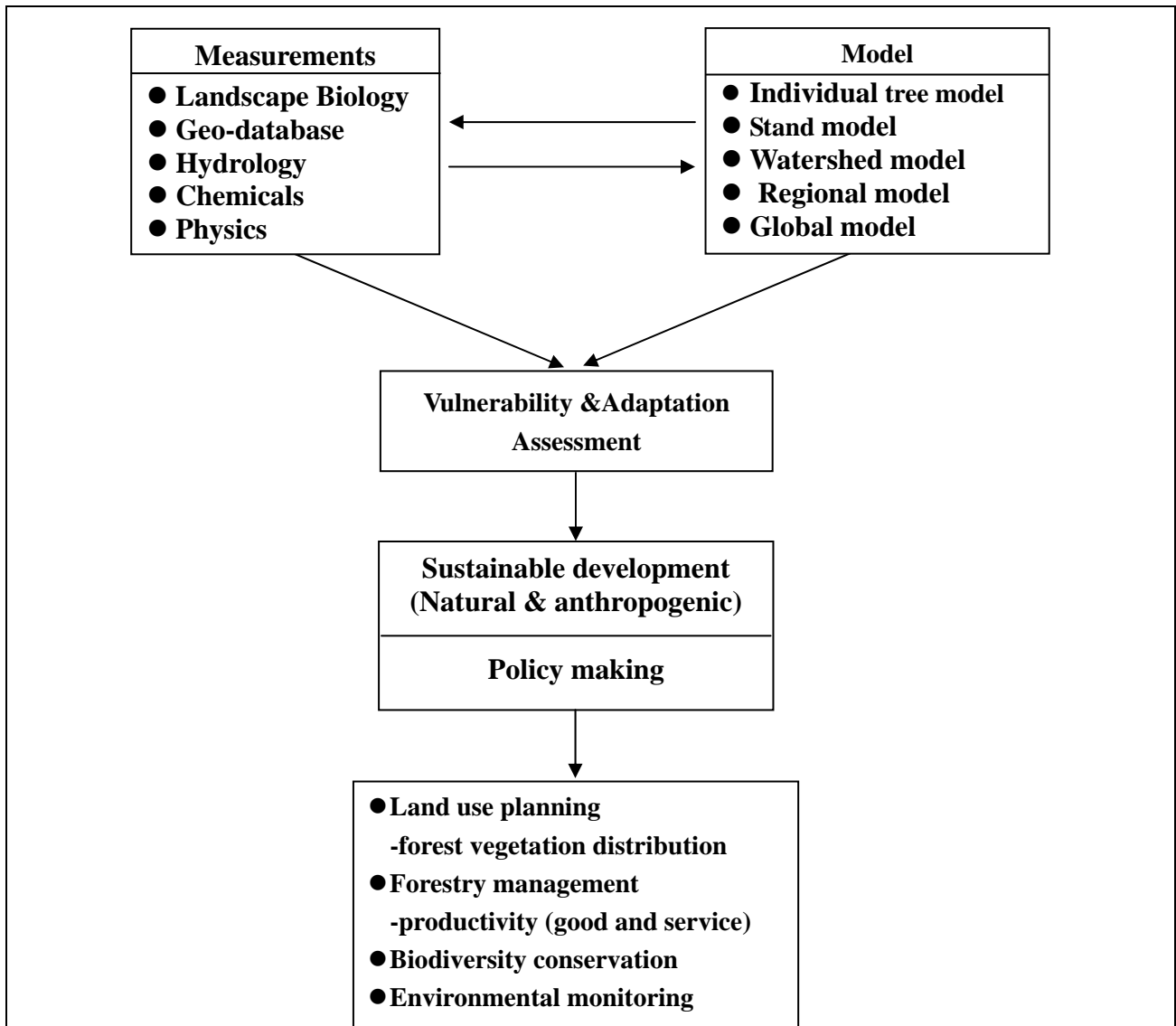


圖 3、在永續發展策略，因應氣候變遷衝擊所必須建構之森林植生分布與生產力評估模型

2、計畫總目標

本研究旨在將整合計畫所建立之區域氣候模式及提供之模擬值，透過網路自動存取於台灣森林生態系多尺度地理資料庫，並在全球氣候變遷與短期氣候變化的議題下，建立森林植生分布與生產力的生態模式，且模擬區域氣候變化對森林生態－森林植生分布與生產力的影響，進而提供森林與土地利用衝擊評估及政策擬定。因此，本研究總目標分述如下：

- (一)整理評析目前森林植生分布與生產力的生態模式的架構、內容、項目並與其他子計劃討論模式所需資料的空間與時間尺度。
- (二)以測站、永久樣區調查(Permanent sampling plot, PSP)及遙感探測(Remote Sensing ,RS)收集、地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)建檔、貯存模式，推估台灣網格的森林生物因子資料與生育地因子資料，更結合其他子計劃所提供模擬的氣象/水文/化學資料，建立於台灣森林生態系多尺度地理資料庫。
- (三)利用 GIS 擷取生物/地理/氣象/土壤/水文/化學資料，以建立空間推估模式與時間預測模式。
- (四)全島生態分區對氣候變遷所造成的影響。
- (五)如何以 GIS, RS 與模式的分析技術探討應用生物生態與社會經濟的假設情境來模擬評估

各種策略與經營管理措施對森林生態系植生分布與生產力的影響。

(六)結合 GIS、地景生態與生態模式模擬，制定森林與土地利用部門衝擊適應發展策略與永續發展政策。

3、分年研究重點

一、第一年（2001/8～2002/7）

- 1、考慮氣象生育地因子(溫度、雨量、蒸發散量、日照量等)地理(海拔高、坡向等)、土壤生育地因子(土壤溫度、土壤水潛勢、土壤水份等)與潛在植生及現有植生分布圖，建立台灣主要氣候植生分布模式（如 Holdridge、孔隙模式、陳正祥、蘇鴻傑等），選擇主要森林植生種類，進行實證型生長收穫模式（如 Richards、Schnute、Weibull DDM）及過程生態模式（如孔隙模式、TEM、BIOME 2、BIOME-BGC 等）的建立。
- 2、重要的植生分布模式與生產力模式，對不同時間尺度（temporal scale）與空間尺度（spatial scale）的感應。
- 3、收集、繪製中央氣象局、水利局之氣候站及雨量站與早期林務局林業氣象站資料，並進行點推面的空間推估，建立區域氣候變化對森林潛在及目前植生與樹種組成、結構分布之關係。
- 4、建立區域氣候變化對森林主要樹種、植生生產力之關係。

二、第二年（2002/8～2003/7）

- 1、由過去氣候事件之模擬資料，對台灣森林的植生分布與生產力的衝擊，加以評估、驗證。
- 2、結合區域氣候模式的模擬結果與其他生育地因子，建立森林植生分布與生產力評估系統。
- 3、由不同空間尺度的網格單元區域氣候模式，探討氣象因子分布與森林植生分布、林型生產量分布間的關係。

三、第三年（2003/8～2004/7）

- 1、區域氣候模式的模擬、預測對台灣森林植生分布，進行影響評估、預測與推估，並加以修正。
- 2、區域氣候模式的模擬、預測對台灣森林生產力的影響、預測與推估，並加以修正。
- 3、建立台灣潛在的主要氣候植生分布(地景)變遷模式。
- 4、探討不同時間尺度的區域氣候模式模擬結果對森林植生分布與生產力之影響。

四、第四年（2004/8～2005/7）

- 1、由區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布與生產力之衝擊評估。
- 2、同時探討時間尺度與空間尺度之氣象／水文／化學模擬資料對植生分布模式與生產力模式之影響敏感度。
- 3、更而將模擬結果與 IPCC 表，以進行森林土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響。
- 4、建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的影響。
- 5、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

二、工作方法

(一)建立台灣主要氣候植生分布模式

- 1、以 GIS 1km x 1km 網格單元，建立氣象生育地因子(溫度、雨量、蒸發散量、日照量等)。
- 2、地理土壤生育地因子(海拔高、坡向、土壤水份等)。

- 3、與潛在植生及現有植生分布圖。
 - 4、考慮氣象生育地因子配合空間模式，建立與評估台灣主要氣候植生分布模式(如 Holdridge、孔隙模式、陳正祥 8 區、蘇鴻傑 47 區等)。
- (二)建立台灣主要樹種林型之森林生產力之關係
- 1、選擇主要森林植生種類，進行更新、生長、枯死模式之建立。
 - 2、進行實證型生長收穫模式(如 Richards、Schnute、Weibull DDM)及過程生態模式(如孔隙模式、TEM、BIOME 2、BIOME-BGC 等)的建立、整合與評估。
 - 3、選擇最合適的森林生態模式。
- (三)考量時間尺度(temporal scale)與空間尺度(spatial scale)
- 1、以尺度觀念建立台灣森林植生多尺度資料庫，並由其他計劃獲得多尺度氣象／水文／化學資料(不同空間尺度，以經度 0.5° x 緯度 0.5° 、2km x 2km、1km x 1km、40m x 40m、10m x 10m 的網格單元及月、季、節氣、1 年、5 年、10 年等不同時間尺度資料)。
 - 2、以合適的植生分布模式與生產力模式，對不同時間尺度(temporal scale)與空間尺度(spatial scale)的感應。
 - 3、由不同空間尺度的網格單元與不同時間尺度的全球及區域氣候模式，探討氣象因子分布與森林植生分布、林型生產量分布間的關係。
- (四)建立網路森林地理資料庫管理系統
- 1、收集、配合過去氣象、水文、地文、土壤置於過去植生調查與森林資源調查資料與多尺度的氣象、水文、地文、化學等模擬資料與植生等有關空間及非空間資料置於結構查詢語言資料庫管理系統(SQL DBMS)中。
 - 2、以 ArcSDE 之地理資訊系統伺服器整合 ArcView、ArcInfo、ArcIMS、SQL 之 DBMS 及空間統計軟體(如 S+的 AP)。
 - 3、透過網路(Internet)將建模、驗證及模擬、分析的工作，提供多位使用者執行。
- (五)建立區域氣候變化對森林之影響
- 1、建立區域氣候變化對森林分布之影響關係。
 - 2、建立區域氣候變化對森林生產力之影響關係。
 - 3、由過去氣候事件之模擬資料，對台灣森林的植生分布與生產力的衝擊，加以評估、驗證。
 - 4、結合其他計劃之區域氣候模式的模擬結果與其他生育地因子，建立森林植生分布與生產力評估系統。
- (六)進行區域氣候模式對台灣森林植生分布與生產力的影響評估、預測、推估與修正。
- 1、以區域氣候模式的模擬、預測資料對台灣森林植生分布，進行影響評估、預測與推估，並加以修正。
 - 2、區域氣候模式的模擬、預測資料對台灣森林生產力的影響、預測與推估，並加以修正。
- (七)由大量區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布與生產力及森林、土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之衝擊評估
- 1、由區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布、生產力之動態衝擊評估。
 - 2、將 IPCC 所制訂的 IPCC 表一有關森林與土地利用部門的 CO₂ 吸存釋放計算表與資料庫結合。
 - 3、將氣象／水文／化學模擬結果與 IPCC 表，以進行森林、土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響。

(八)建立在各種氣候假設情境 (Scenario) 下，森林分布與生產力的影響與策略。

- 1、建立台灣主要氣候植生分布(地景)變遷模式。
- 2、建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的影響。
- 3、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

2、具體工作項目及時程

第一年 (2001/8~2002/7)

建置氣候變遷對台灣森林植生分布與生產力衝擊之評估模式，進行模擬系統及評析架構之建立，網路地理資料庫輸入輸出介面之發展，森林植生分布與生產力模式①輸入資料收集整理，並進行②模式模擬測試以及③衝擊評析方法與④流程之建置。為了了解區域氣候模式之模擬能力及適用性，將選擇具有較好觀測資料之 1998 年 5 月，6 月，7 月，8 月之時段做為模擬之目標，以評估模式之表現及適用性，以了解模式對過去歷史氣候之掌握能力，同時也將收集整理該段時間之密集氣象觀測與水文資料，以提供森林植生分布與生產力的生態模式進行模擬測試以及建立評析系統所需輸入參數之用。其工作項目為：

- 1、考慮氣象生育地因子(溫度、雨量、蒸發散量、日照量等)地理(海拔高、坡向等)、土壤生育地因子(土壤溫度、土壤水潛勢、土壤水份等)與潛在植生及現有植生調查資料庫。以建植生分布圖。
- 2、建立台灣主要氣候植生分布模式 (如 Holdridge、孔隙模式、陳正祥、蘇鴻傑等)，選擇主要森林植生種類，進行實證型生長收穫模式 (如 Richards、Schnute、Weibull DDM) 及過程生態模式 (如孔隙模式、TEM、BIOME 2、BIOME-BGC 等) 的建立測試與選擇。
- 3、收集、繪製中央氣象局、水利局之氣候站及雨量站與早期林務局林業氣象站資料，並進行點推面的空間推估，建立區域氣候變化對森林潛在及目前植生與樹種組成、結構分布之關係。
- 4、建立區域氣候變化對森林主要樹種、植生生產力之關係。

第二年 (2002/8~2003/7)

以長時間資料所建立多季節區域模式，更利用其模擬出較高解析度的區域氣候性態值。並將其值放入資料庫，以進行森林植生分布與生產力變化之模擬和綜合評析。其工作項目為：

- 1、由過去氣候事件之模擬資料，對台灣森林的植生分布與生產力的衝擊，加以評估、驗證。
- 2、結合區域氣候模式的模擬結果與其他生育地因子，建立森林植生分布與生產力評估系統。
- 3、由不同空間尺度的網格單元與不同時間尺度的區域氣候模式，探討氣象因子分布與森林植生分布、林型生產量分布間的關係。
- 4、以不同空間尺度 (spatial scale) — 經度 0.5° x 緯度 0.5° 、 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 、 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 、 $40\text{m} \times 40\text{m}$ 、 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的氣象資料，測試植生分布模式與生產力模式的敏感程度。

第三年 (2003/8~2004/7)

由不同季節、區域氣候之模擬資料庫，進行不同季節、區域氣候變化對森林植生分布與生產力變化之衝擊模擬與評析。收集整理 IPCC 或國內全球氣候模式針對不同氣候變遷情境模擬之輸出資料庫進行區域氣候變遷之模擬測試，並進行驗證，將模擬結果提供環境變遷對森林植生分布與生產力變化衝擊評析之用。其工作項目為：

- 1、區域氣候模式的模擬、預測對台灣森林植生分布，進行推估、預測與影響評估，並加以修正。

- 2、建立台灣潛在的主要氣候植生分布(地景)變遷模式。
- 3、以不同時間尺度 (temporal scale) 一天、月、季、節氣、年、五年、十年、二、三十年的氣象資料，測試植生分布模式與生產力模式的敏感程度。

第四年 (2004/8~2005/7)

以區域氣候變遷之模擬與區域氣候變遷之評析，所建立之資料庫，完成氣候變遷對森林植生分布與生產力等假設情境之模擬與評析。建立區域氣候變遷對環境影響之資料庫，並提供森林經營及土地利用管理策略與政策擬定之參考。其工作項目為：

- 1、由區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布與生產力之衝擊評估。
- 2、以不同時間尺度一天、月、季、節氣、年、五年、十年、二、三十年與空間尺度—經度 0.5° x 緯度 0.5° 、 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 、 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 、 $40\text{m} \times 40\text{m}$ 、 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的氣象、水文資料，綜合測試植生分布模式與生產力模式的敏感程度。
- 3、更而將氣象／水文／化學模擬結果與 IPCC 表，以進行森林土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響。
- 4、建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的影響。
- 5、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

十五、計畫中文摘要：請於五百字內就本計畫要點作一概述，並依本計畫性質自訂關鍵詞。

氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估

氣候變遷會對森林生態系造成衝擊，為使生態系有足夠的時間自然地適應氣候變遷，而且不影響森林的健康與生產，使人類維生環境與經濟發展得以永續進行。吾人必須以量測之大氣物理與化學變化的參數，來建構包含全球氣候與區域氣候模式，以獲得多時間、空間尺度的氣候／水文／化學資料。並將這些資料整合於多人可用的網路地理資料庫管理系統，更藉由全球大氣環流模式(General Circulation Model, GCM)的情境分析，模擬全球與區域之氣候變化，並藉以進行推估氣候變遷對森林植生分布與生產力的可能衝擊，因而提出減量措施與防制對策，以應“國家通訊”報告的需要，更而提供森林經營計畫與土地利用擬定政策之依據。

森林生態系依層級（單株、林分、地景、生態系）和空間、時間尺度而不同，但自然環境的限制與人類經營管理行為和干擾，亦影響森林組織、結構之格局與過程變化，凡此又皆與不同層級、時間尺度與空間尺度有關。所以在生態模式建構與模擬資料的提供上，皆應考慮層級與尺度問題。

以往探討森林植生分布與生產力的模式很多，有以統計探討的生長收穫實證模式及考慮生物生態機制的過程生態模式。然實證模式簡單易行且過去建構較多，但若要以假設情境模擬推估植生分布與生產力變化，則需透過機制模式。所以選擇、整合此兩種模式，以發展合適的生態模式，並加以模擬試驗及敏感度分析，是首當其衝的要務。

本計畫主要目的為：(1)建立台灣主要氣候森林植生分布模式，與主要森林植生種類之生產力推估模式與測驗評估系統；(2)建置氣候變遷對植生分布與生產力衝擊之評析架構及模式模擬系統；(3)建立具氣象、水文、化學觀測值、模擬值、土壤及植生調查資料之多人存取網路地理資料庫管理系統，並發展氣候變遷情境模擬不同時間、空間尺度之資料輸入輸出的介面；(4)了解不同時間尺度與空間尺度的氣象資料，在森林植生分布模式與生產力模式的敏感程度；(5)建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的動態影響評估系統；(6)建立氣候變遷假設情境，以進行森林及土地利用策略之研擬。

《關鍵詞》地理資訊系統、生態模式、過程模式、尺度、GIS 與 DBMS 整合、多層級資料庫、假設情境。

十六、計畫英文摘要：請於五百字內就本計畫要點作一概述，並依本計畫性質自訂關鍵詞。

The Impact Assessment of Forest Distribution and Productivity by Climatic Change in Taiwan.

Climate change will change the forest ecosystem. For reserving sufficient time for forest ecosystem to adapt the climatic change naturally and to sustain the well environment and economic development, we have to know the impact mechanism of climatic change. We must develop global climate model and regional climate model with physical and chemical variables of atmosphere. From those models, we could get multi-scale simulated data of climate, hydrology and chemistry. Those general circulation models could be used for scenarios analysis. We apply the simulated data to do the impact assessment of forest distribution and productivity. The results of vulnerability and adaptation assessment could support the information for National Communication and decision-making of forest management and land-use planning. The hierarchical level and spatial, temporal scale makes the pattern and process of forest ecosystems different. The natural limitation and natural disturbance and anthropogenic management affect the composition, structure, function and change of forest in relationship with scale, also. So when we develop ecological models and getting results, we have to consider the problems of hierarchical level and spatial, temporal scale.

There are many models in deal with forest distribution and productivity, recently. They could be classified into 2 groups. The empirical models are used to growth and yield of forest, when process models for biological, ecological issues. The empirical models were simple and developed a lot, the process models are more complex and only could be applied in scenario analysis. To develop a suitable ecological model system for impact assessment of climatic change to forest distribution and productivity will be the first task to do.

The objectives of the project are as follows: (1) To develop simulation model and evaluation system of forest distribution and productivity. (2) To develop a integrated model system for simulating the climatic change to forest distribution and productivity. (3) To set up internet-based geo-referenced DBMS for meteorological, hydrological, soil and topological factors of habitat with multi-scale simulated data. (4) To check the sensitivity of different spatial, temporal data to forest ecological models with sensitivity analysis. (5) To develop the dynamic impact assessment system of climatic change to forest distribution and productivity. (6) To develop the forest management policy and land-use planning decision-making system by scenario analysis.

《Keywords》 GIS, Ecological model, Multi-scale, GCM, Biogeochemical model, Spatial model, Process model, DBMS, Scenario.

十七、研究計畫之背景及目的：

請詳述本研究計畫之背景、目的、重要性以及國內外有關本計畫之研究情況，重要參考文獻之評述等。本計畫如為整合型計畫之子計畫，請就以上各點分別述明與其他子計畫之相關性。

《研究背景》

1992年地球高峰會議上，設立全球性的氣候變遷努力準則「氣候變化綱要公約」，其目標旨在：「為防止人為對氣候系統的有害干擾，應將大氣中非蒙特婁議定書管制之CO₂穩定至一定水準，此水準須使生態系統有足夠的時間自然地適應氣候變遷，而且不影響食物的生產與經濟發展的永續進行。」因此，各國承諾：「應提出國家通訊(National Communication)，規劃並執行國家或區域行動計畫，減低CO₂排放，增加CO₂移除，並強化各部門之適應，在政策與行動中，加入氣候變遷的考量，並推動相關科技研發，公開相關資訊，並鼓勵全民參與，及提供相關資訊予締約國大會。」

1997年於京都召開第三次締約國大會，通過「京都議定書」，規定工業化國家，到2008-2012年間，要使其全部溫室氣體排放量與1990年相比，至少削減5%。同時規定共同減量，清潔發展機制及排放權交易三種機制，使已開發國家能夠協助開發中國家或經濟轉型期國家進行溫室氣體合作減量。

我國的CO₂排放量與吸存量佔世界總量比例甚微，但為避免影響我國經濟發展和環境保護，行政院成立「全球環境變遷政策指導小組」以處理相關業務。

國家通訊報告內容：

- 國家基本資料：人口、地理環境與土地變更、農業、土地利用變遷與林業、自然資源、氣候、經濟。
- 溫室氣體清冊。
- 受損度與適應措施：全球大氣環流模式(General Circulation Model, GCM)情境分析，進行海岸、水資源、農／牧業、林業的衝擊分析。
- 減量與具體成效。
- 分析國際政策性工具、國家行動計畫(包括減量／適應)、國際共同減量…等等。

國家通訊報告書旨在報告各國的CO₂吸存排放與國家基本資料，並藉以推估氣候變遷的可能衝擊，因而提出減量措施與防制對策，期使透過研究、教育與宣導，使各產業界乃至於一般民眾能夠共同了解保護地球環境是地球村上每一個人的責任，而共同致力於環境保護，使地球上之食物生產和經濟得以永續發展。

並據以評估氣候變遷後對該部門的損害，乃至對社會經濟的影響。為瞭解氣候變遷對林業、土地利用部門的衝擊，更而影響森林碳吸存能力，過去台灣探討密度競爭探討林木生長的影響的研究不少(楊榮啟，1975、馮豐隆，1990、Feng，1997)。但對氣候因子等環境因子如何影響生長量及森林植生分布的研究少，資料亦較缺乏，所以透過過去氣象站、雨量站的氣象資料，以及本整合型計畫氣象、氣候資料、日照量，及歷年的土壤資料、調查資料，以為氣象／水文／化學／土壤研究，以提供生態模式之建立。

而探討森林植生分布與生產力的生態模式很多，選擇整合、發展、合適的生態模式是首當其衝的要務，以增進溫室氣體對森林植生分布與生產力推估之精確性，更而利用大氣環流模式(GCM)假設情境技術，進行台灣植生分布及林木生產力受氣候影響的模擬試驗、敏感度分析，並藉由模擬結果，探討由於氣候變遷所引致的衝擊與適應問題，最後則提出具體的防制策略，以應國家通訊報告的需要，建立台灣地區森林及土地利用部門CO₂吸存量及釋放量自動監測系統，以便藉此全面檢討我國森林經營管理與土地利用方案對CO₂吸存影響，以供最佳之森林經營計畫與土地利用政策。

《研究目的》

- 1、建立台灣主要氣候植生分布模式，並選擇主要森林植生種類，進行實證型生長收穫模式及過程生態模式的建立、整合、測試與評估選擇。
- 2、建置氣候變遷對台灣森林植生分布與生產力衝擊之評估模式，進行模式之表現及適用性評估，以建立模擬系統及評析架構。
- 3、建立氣象生育地因子、土壤生育地因子及現有植生調查資料於網路地理資料庫並發展氣候變遷情境模擬之資料輸入輸出的介面。
- 4、以不同時間尺度與空間尺度的氣象資料，分別及綜合測試對植生分布模式與生產力模式的敏感程度。
- 5、整合氣象／水文／化學的模擬結果與 IPCC 表，以進行森林土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響推估計算。
- 6、建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的影響。
- 7、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

《研究重要性》

氣候變遷對森林植生分布與生產力影響，使人類的維生環境與資源受損，同時森林透過生長吸附 CO₂ 儲存碳，以改善溫室效應。所以氣候變遷對森林植生分布與生產力的影響，頗值探討，而透過子計畫間的討論，才能正確地對“區域氣候變遷模擬系統之整合與應用”模擬資料。另一方面，森林及土地利用部門才可利用所建立之本土區域氣候預報與變遷模擬系統之整合模式，模擬產生的不同時間尺度與空間尺度的氣象資料項目、參數之資料庫，做為衝擊評估與永續發展政策制定之前導工具與材料。亦即建立大氣環流模式(GCM)以進行在氣候與環境變遷對土地利用、森林植生分布與生產力之衝擊評析。在全球氣候變遷與短期氣候變化的議題下，建立模擬區域氣候變化資訊與提供土地利用與森林生態再分配之能力，進而從事土地利用，森林資源經營、生物多樣性政策等衝擊評估。

《國內外有關本計畫之研究情況》

一、森林與土地利用問題的性質與界定

森林與林地，不管是否經過集約的經營，都是建築用木材、能源與紙漿的主要來源，也是許多國家經濟的主要部門，更是許多物種與生物歧異度（多樣性）的主要生育地；森林能吸收碳、儲存碳、減少釋放到空氣中的碳，也減少溫室效應。

森林的地理分布、組成與生產力皆由氣候控制。在氣候影響中，人類的活動、土地利用實務和森林作業，也深深地決定森林型態、組成與結構；由於人類活動的型態與集約度在世界各地都不一樣且不斷地改變。依預測，下世紀的氣候是會有大變遷。所以，這種變遷對森林在提供財貨和勞務上，也一定會有很大的影響。

森林部門係指所有以樹為優勢的系統（tree-dominated system），如森林（Innes, 1994）、林地（woodland）、荒漠（sarannahs）（Scholes & van der Merwe, 1996）和紅樹林（Davis *et al.*, 1994）。由完全沒有經營的原始林到集約經營的人工林，也包括生長樹木的農地（混農林和林田 woodland）和都市林；樹若收穫林木或水果，則可放於農業部門或林業部門；其實，許多應用於森林部門的分析方法和模式，皆可應用於其他非木質陸域生態系和農業生態系。

以森林為基礎之活動，包括木材、紙漿、其他林木產物或燃料、傢俱製造業、建築業和紙張等工業產品製造；其他亦包括非木材的森林生態系產物，如水果、蕈菇、鳥類和動物的收穫；森林生態系提供的勞務，包括清淨水質、淨化空氣和遊樂機會，甚至歧異度亦然。許多以森林為基礎的財貨與勞務，雖然沒有正式反應在經濟上，然而卻有極高的價值。

二、尺度—空間尺度和時間尺度

森林部門可依單株、林分、地景、生態系等對象層級加以區分，而其在時間、空間尺度的範圍可由下圖 4 表示。

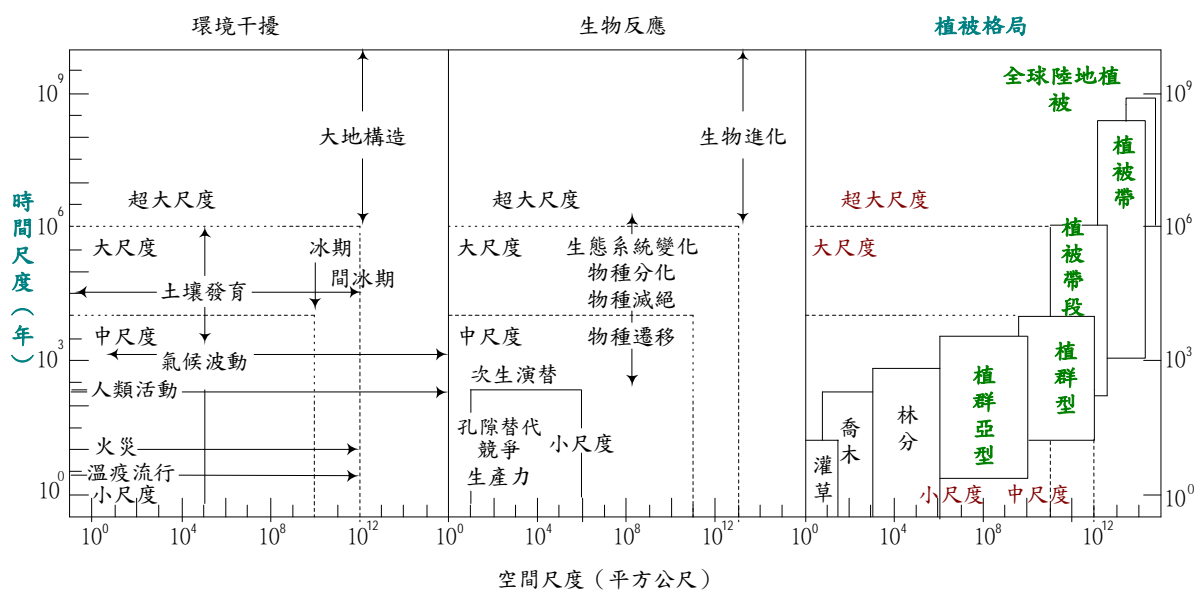


圖 4：在時間、空間尺度的範圍下森林部門之單株、林分、地景、生態系等對象層級圖（引自肖篤寧，1998）

(一)空間範圍

在國家疆域下的陸域，其森林生態系到底具有那些目前或潛在的經濟、生物或文化性價值？森林生態系由許多地景鑲嵌體所組成，鑲嵌體大小（最小的製圖單位），決定於天然界線的大小。而森林生態系的價值決定於評估的經費、可支用資料的詳細程度，以及森林對該國的重要性。在大部分的國家，利用 1：500 萬以下比例尺的植生圖較佳。轉換為製圖單位，大約為 5 km×5 km 的解析度，這也是氣象資料進行空間推估的最小尺度。全球植生圖和氣候圖 (vegetation map & climate map) 則在經度 0.5° x 緯度 0.5° 解析度（大約 30 km×30 km）為評估的最粗解析度。若可能的話，當然愈詳細尺度較佳。

(二)時間架構

選擇做推估的時間（期間），需滿足社會經濟和氣象假設情境所討論的條件：

- 1、可以與評估其他部門時，所選用的時間相容。
- 2、容許假設情境建立之短時間（當然不可能預測 100 年後的情況）。
- 3、會明顯地影響森林過程的時間，如生長、樹種組成，生態系演替、地景變遷大部分的森林改變都很慢，因為樹木的壽命長，最少要 20 年，其改變才能被偵測出。

生態系的分析，一般皆需考量時間變遷／空間異質性的多尺度分析，以掌握植生與其周遭環境間生物／物理／化學間的關係。而所探討的一般以林分／季節的資料，但希望了解掌握的又是某地景／全地區／洲，甚至全球。而時間又由日／月／季／年一年／十年／百年，所以時間與空間的尺度在生態系分析裏是不可忽視的維度。

現僅就下圖表樹／單株／林分／集水區／地區／洲／全球的空間尺度與過去／現在／未來的時間尺度來說明探討的內涵（Waring & Running, 1998）。

表 2：不同時間／空間尺度的生態系分析的測計技術，過去生態系的時間分析可用樹年輪、同位素、花粉記錄來加以分析，而空間分析以遙測技術為之，可以探討未來狀況(Waring & Running, 1998)

時間 空間	過去	現況	未來
樹(單株) ↓	樹輪學 (dendrochronology) 同位素(isotopes)	氣體交換 flux 內部流 生物量	單株林木模式
林分 ↓	歷史重建 照片歷史 火歷史 生長錐	Eddy fluxes BGC 平衡 族群分布	BGC 模式 演替模式 (succession model)
集水區 ↓	地理型態學 (geomorphology) 分布歷史	河流交換/BGC 遙測	集水區模式 (watershed model)
地區 ↓	花粉粒量表 輻射、同位素	大氣化學 遙測	地景族群模式 BGC 模式(landscape community model)
洲 ↓	地質學歷史 化石	遙測 大氣轉換模式	生物地理學模式 (biogeography model) 氣候模式 (climate model)
全球	冰柱 海洋沈積物	遙測 大氣化學	衛星導出模式(satellite driven model)

由於人類的活動，使得大氣裏溫室氣體的增多，溫室氣體濃度與大氣顆粒(aerosols)的改變，導致溫度、雲量、降雨等因子的變化，更而影響氣候(IPCC, 1992；Charlson & Wigley, 1994；Penner *et al.*, 1994)、地覆、土地利用改變及影響地區性尺度的氣候(Dirmeyer, 1994；Trenberth *et al.*, 1998；Nobre *et al.*, 1991)。預測氣候系統的反應在全球尺度來看，較為簡單，但對地區性尺度就顯得複雜多了。由於氣候系統對人類壓力(antropogenic forcing)的反應，是有空間上的差異，所以對氣候生態反應的評估，就得考慮其空間變異。

由於人類對生態系探究的了解，知道氣候和大氣組成的改變，會影響陸域生態系的結構與功能。結構的反應包括物種組成和許多植生性態值的改變，如：枝下高的變化、樹冠長度的增減、根深的改變。功能的反應則包括碳循環、營養(如 N、P、S)和水循環的改變。

三、氣候變遷對森林的衝擊

氣候的改變導致：

- 1、適合某林型的地理環境與森林林型分布的面積移動變化。
- 2、混淆林的樹種組成改變。
- 3、每單位面積森林產物的生產量發生變化。

這種改變將影響森林的社會經濟系統，如有關燃料材、建材和森林產物的出口所得、工作機會等，也影響隨樹種組成變化的生態系穩定與淨水供應等勞務。若依生物生態社會經濟方面來看，森林部門各層級對氣候變遷的影響。

森林影響氣候，也受氣候影響。森林對氣候的影響直接影響到地方及地區尺度，其直接影響地方或地區尺度的太陽能吸收、水蒸發散、地表面粗糙度等性態值，亦透過碳間接貯存

與釋出，影響全球尺度；評估時需有完整迴圈考量及整合模式技術（integrated modelling technology）的應用。

農、林業對土地的競爭使用，若以調整適應模式（adaptation model）測試，對森林部門與農業部門加以分析時，則需要做整合分析的考量，以確保未來土地利用規劃時，不會衝突。

四、網路地理資料庫管理系統(Internet-based Geo-referenced DBMS)

以 Internet 為使用平台的網路，可供更多人使用，藉由網路無遠弗屆的功能，擴大應用範圍。使用瀏覽器作為統一的操作介面，使用者亦不必受限於特定的用戶端軟體，並可節省操作者養成訓練的時間。運用 Web 技術提供具有開放性、易於維護的運作架構，節省日後系統因業務需求而必須重新開發的成本即時間。

分散式系統的方式，多階層架構系統，使得伺服器的維護較簡單，亦將系統的負載分散各個伺服器，系統的開發設計也都較具彈性，對於未來系統的擴展性也較容易。

本研究擬將設計網際網路地理資料庫管理系統，乃是利用 ESRI 公司的 ArcSDE、ArcIMS 及 ArcInfo、Arcview 等 GIS 與資料庫 Oracle、MS-SQL 整合其資料，以現今網路技術 ActiveX、Java，將空間資料與非空間資料。依使用者的需求，以多樣性，動態即時的提供給使用者。

五、生態模式－實證模式與機制模式－的建立

May (1973a)將模式區分為戰術性模式（tactical models）和一般的戰略性模式（Strategic model）。戰術性模式，亦稱為統計模式、實證模式（empirical model），即利用相同時間、空間尺度的觀察數據間相互的關係，由統計方法綜合出依變數、獨立變數的關係式。如：林木生長量=f（夏季雨量、各季雨量、夏季溫度、冬季溫度、食草動物數量...）。戰略性模式，亦稱理論模式、機制模式（mechanical model），即由生物、生態原理、理論、觀察資料來配合模式，藉以推出參數。

（一）實證－統計模 1

係建立系統內部構造、法則或行為性態值間的統計關係（Korzukhin and Others, 1996）。實證模式的預測方法，有利於林木的生產推估，但當考慮森林生態系過程和結構時，實證模式就顯然不夠，它是簡單描述和封閉方法，且條件和參數都是一致，缺乏一般性、不實際（Korzukhin and Other, 1996）。

在投入、產出的變數間建立統計關係，謂之實證模式（empirical model），一般簡單且若推估的情況在其建模資料使用的範圍內，則推測效率很高。這類模式的缺點是其存在的相關，只能提供可能的因果關係，但無法證明。所以使用這些模式來外插推測（extrapolate）建模使用資料的範圍外的狀況，風險是相當大的。與其建模資料偏差愈大，則其風險愈大。

大多數的工業用材林的生長收穫模式或收穫表是以實證模式建立。透過以地位指數表示生長潛能的模式，可以與氣候關連。其可應用於氣候變遷下的森林生產力推估。但此模式不適用於推估 CO₂ 濃度增加或固氮力增強下的森林生長。

（二）機制－過程模式

相反地，地景經營，其預測是定義森林生態組成間的關係。預測森林經營活動的產出或增加對森林生態系的瞭解。而過程模式(process models)係以決定內部結構、規則、行為的主要機制(mechanisms)或過程(processes)來描述資料。所以，過程模式適合於說明維持解析新物件或條件，提供生態系的因果關係，也可以提供說明其他類似性質的資料與其因果關係。在地景經營裏，若需推測過程，則利用過程模式較為妥適。

六、生物物理模式（Biophysical models）

生物物理模式係由降雨、溫度、土壤型、植物種類等變數，預測生態系屬性（如物種的

生長、枯死或生產力)的改變。討論使用生物物理模式於氣候變遷上的研究者,有 Shugart et al. (1988)、Smith et al. (1992)、Dale & Ranscher (1994)和 Joyce (1995)。最近以回顧文章方式出刊的有 Agren et al. (1991); Tiktak and Van Grinsven (1995); Ryan et al. (1996); Thornley & Cannell (1996)。生物物理模式完全是基於發生於森林中的過程,以詳細數學表示法,透過變數間統計的關係,將其展示,即為實證—統計模式。

生物氣候模式 (Bioclimatic models), 一般也是實證統計型, 其建立於某樹種、群叢出現與否與氣候變數間的關係。典型的氣候因子包括濕度 (如平均年雨量、雨量與蒸發散量的比)、溫度 (如最大、最小、平均溫度) 和季節 (如夏天、冬天的長度、冬季雨量、夏季雨量等)。模式有簡單如 Holdrige (1967), 複雜如 Box (1980), 簡單模式易於應用, 但預測力差; 複雜模式預測能力強, 但需較多、較詳細的資料, 且不易外推至其他地區。

如其他均衡模式一樣, Holdridge 模式無法推測改變的速率。然而, 其可應用某些適當改變速率的前題假設, 來進行的假設情境 (Smith and Shugart, 1993), 其他尚有更精細、更有效的模式可支使用, 如 Prentice *et al.* (1992)、Carpenter *et al.* (1993)所提的方法。

生物氣候模式 (Bioclimatic models), 亦可視為地區類比 (regional analogues) 的方法之一。其所面臨的問題, 如其他地區類比模式一樣, 亦即未來的氣象組合不若現在的氣象狀況, 或當環境與生物氣象間的關係改變時, 此模式則不靈。譬如說, 增加 CO₂ 濃度時, 亦改變植物對水的需求, 即是其中一例。生物氣象模式有二個缺點: (一)其推測植生分布是基於某一穩定狀況, 倘若新的穩定狀況尚未成立, 則植生分布就不如假設情境所模擬的那麼一回事。對森林來講, 這是相當嚴重的問題, 因為樹種改變、擴展的速率很慢, 假如此假設情境的時間只有 100 年, 而一般在 100 年期間植生狀況, 則根本尚未達到新的均衡。(二)其次, 此模式應用到全植生型分布 (一般稱做 Biomes), 而不是單株樹種, 除非這個統計生物氣象模式包含有過程處理 (process-based) 元素, 即在推估未來氣象所能塑造的森林分布時, 該模式仍是相當有效的工具, 否則困難使用。

氣候模式步驟如下 (Box, 1980、Woodward, 1987、Prentice *et al.*, 1992, 1993、Carpenter *et al.*, 1993):

- a. 建立植生型或某物種分布範圍的氣象門檻值, 凡此可經由研究區網格資料庫的重要氣象因子與植群存在與否得知。

測試所有氣象的指標或利用, 如多變值統計分析 (譬如: 判別函數, discriminate function analysis) 或神經網路 (neural network) 等更精密的方法來尋找各植物種類/植生型分布的氣象範圍, 其所使用的資料需要包括比各林型、植生型分布範圍更廣的資料, 若已有生物氣象關係研究, 這個步驟就可跳過。

- b. 使用目前一半的資料來建立模式, 而利用其他一半的資料來做測試該森林的存在與否。比較推測的分布與實際分布, χ^2 可用來測驗該模式的統計顯著性。
- c. 產生了氣象值的分布表面, 以便進行改變的假設情境模擬, 一般增加或減少某數量或某比例的降雨量或/與溫度值來進行假設情境, 這樣的氣象關係, 可以預測出新的林型分布。
- d. 疊合目前植生分布圖與模擬預測的植生分布圖, 再計算其植生型沒有改變的部分、森林消失的部分以及增加森林的部分。

七、生物地理模式 (Biogeography models)

生物地理模式係基於生態物理限制 (ecophysiological constraints) 和資源限制 (resource limitations) 的兩種邊界狀況下, 預測在不同環境之植物生活型的優勢度。

生物地理模式可以預測不同環境下、不同植物生活型 (plantlife forms) 的優勢狀況 (dominance)。這個環境一般基於兩種邊界狀況的型: (一)為生態物理限制 (ecophysiological

constraints) 和(二)資源限制 (resource limitations)。生態物理限制決定木本植物主要類別或透過生物氣候變數 (bioclimatic variable)，如有效積溫 (growing degree) 和冬季最小溫度 (minimum winter temperature) 來執行這類模式。資源 (如水、光線) 限制則決定了植物的主要結構性態值 (包括葉面積)，資源限制所造成的植物生活型的不同反應，決定了植物組成 (如樹草的競爭平衡)。為說明資源限制的影響，一般利用模式去模擬蒸發散潛能 (potential evapotranspiration, PET)、實際的蒸發散量 (actual evapotranspiration, ET)，另有兩種模式，則模擬淨生產量 (net primary production, NPP)。在美國 VEMAP 研究中，則以使用了三種生物地理模式，如 BIOME2 (Haxeltine *et al.*, 1995)、DOLY (Woodward and Smith, 194a; Woodward *et al.*, 1995) 與 MAPSS (Neilson, 1995)。

MAPSS 與 BIOME2 模式將土壤水分為上層 (草本和木本植物) 和下層 (木本植物) 根區、葉面積 (MAPSS 與 DOLY 模式用 LAI; BIOME2 用 FPC) 被視為是植物結構的決定因子；呼吸與葉面積有直接關係。在水限制的環境下，葉面積被視為會為害水勢。在寒冷環境下，葉面積是能量限制因子 (在 DOLY 是可支用氮的限制)。熱反應 (thermal response) 和水文互相作用 (hydrological interaction) 是生物物理模式的核心觀念。

各模式中最大的不同，在於如何表示潛在蒸發散量和直接對 CO₂ 的影響，對潛在蒸發散量的主要控制是可支利用的能量 (為輻射能與溫度的函數) 和樹冠上方水蒸氣壓差 (vapor pressure deficit, VPD)。這個控制是樹冠性質、層級動態和空間尺度的函數 (Jarvis and McNaughton, 1986)，這三個模式有不同的簡單前題假設，而該前題假設來自於對溫度樹冠性態值不同的敏感度。在 BIOME2 潛在的蒸發散量被認為是由可支能量的供應量決定，此說明對溫度所引起的 VPD 或樹冠性質改變不敏感。MAPSS 模式使用空氣動力學 (Marks, 1990)，其對樹冠性態 (如氣孔導度、LAI 和冠長的敏感)，也對溫度所引起的 VPD 改變相當敏感。DOLY 模式，則使用 Penman-Monteith 方法。

八、生物地理化學模式 (Biogeochemistry model)

氣候改變可以反應於生態系的結構和生態系的功能，結構可以由生物物理模式 (biogeography model) 來描述，而功能則由生物化學模式 (biogeochemistry model) 來說明，但過去的研究都是各自發展。最近幾年，有許多研究將此兩類模式應用於較大地區，甚或全球尺度上，進行模擬不同氣候變遷的假設情境，來推算氣候變遷對生態系結構與功能的影響 (Melillo *et al.*, 1993; Neilson & Marks, 1995; Prentice *et al.*, 1992; Prentice & Feng, 1990; Schimel, 1995)。然而，若研究要較嚴謹的話，則在評估全球變遷時，結構與功能等兩者皆應做整合考量。然而，至目前為止，尚沒有一個模式是由整個生態系的結構與功能的交互作用來考慮。所以，利用敏感度分析 (sensitivity analysis) 來整合生態系結構與功能的反應模式，則為較好、較理想的方法。

常用來推估溫室氣體對生態系統影響的生態物理模式及生態化學模式，分別如下：

- a. 生物地理模式 (Biogeography models)
 - (a) BIOME 2 (Prentice *et al.*, 1992)
 - (b) 動態全球光地理模式 (Dynamic Global Phytogeography Model, DOLY) (Farquhar *et al.*, 1980; Monteith, 1981; Woodward & Smith, 1994)
 - (c) 地圖化的大氣—植物土壤系統 (Mapped Atmosphere-Plant Soil System, MAPSS) (Neilson & Marks, 1995; Neilson, 1995; Neilson *et al.*, 1992)
- b. 生物化學模式 (Biogeochemistry models) 亦有三：
 - (a) BIOME-BGC 生物地理化學循環 (BioGeochemistry Cycles) (Running & Hurt, 1993)
 - (b) CENTURY (Parton, Schimel, Ojima & Cole, 1994)
 - (c) 陸域生態系模式 (Terrestrial Ecosystem Model, TEM) (Tian, Melillo, Kicklighter, McGuire & Helgrich, 1999)

c. 結合生物地理模式與生物化學模式

考慮模擬增為 2 倍 CO₂ 的氣象假設情境，利用生物地理模式的產出做為生物地理化學模式的輸入值，以量測氣象變化對植生造成的變化。其實，一般要比較不同模式的產出，往往很困難去判釋其來源的不一致性。

不同的模式、不同的資料項目與內容，以及不同的時間／空間尺度皆會導致不同的結果，因為不同的模式，有不同的模式觀念與結構、不同的運算式與母數值(algorithms or parameter values)，所以，若要進行不同模式的比較，則利用相同的資料庫，可以減少不同資料來源的變異，而利用相同的空間尺度(spatial format)來探討則較為妥當。

九、生物化學模式 (Biogeochemistry Models)

生物化學模式係模擬陸域的 C、N 和水的循環，以提供植物生活型 (life-form types) 參數化。這個模式考慮循環如何由環境狀況 (如溫度、降雨量、熱輻射能、土壤質地組織和大氣 CO₂ 濃度)。這樣的環境變數為描述植物和土壤過程的一般運算式，如植物吸收 C，經過光合作用、分解作用，由微生物將土壤 N 肥轉換。

一般由生物地理化學模式 (Biogeochemistry model) 的產出，可推估淨生產力(NPP)、淨氮礦物化物、蒸發散量流 (evapotranspiration flux) (如 PET、ET) 和 C、N 在植物土壤中貯存。在美國 VEMAP 計畫中，他們使用 BIOME-BGC (Hunt and Running, 1992; Running and Hunt, 1993)、CENTURY (Parton et al., 1987; Parton et al., 1988; Parton et al., 1993) 和 Terrestrial Ecosystem Model (TEM) (Raich et al., 1991; McGuire et al., 1992; Melillo et al., 1993)。

(A) BIOME-BGC :

生物地理化學循環模式 (BioGeoChemical Cycles Model, BIOME) 是 FOREST-BGC 的一個多生物圈一般化模式，此模式係由生命史來模擬森林林分發展 (Running and Congblan, 1988; Running and Gower, 1991)，這個模式係利用每天的氣象資料和某些主要氣象、植生和地位狀況資料來推估 C 流、N 流和水流。生長關係 (allometric relationships) 為啟動植物與土壤 C 池、N 池，以致於葉池間關係的方法 (Vitousek et al., 1988)。BIOME-BGC 的組成可以測試、驗證 C 的動態 (McLeod and Running, 1988; Korel et al., 1991; Hunt et al., 1991; Pierce, 1993)。

(B) CENTURY :

CENTURY 模式 (4 版) 模擬 C、N、P 和 S 在草生地、森林、灌叢的動態 (Parton et al., 1987; Metherell, 1992)，在 VEMAP 只用 C & N，此模式是利用月溫度和降雨資料、大氣 CO₂ 和 N 等因子去推估生態系裏，C 與 N 的貯存量與流量。CENTURY 模式亦包括水預算副程式來計算每月蒸發散量和各土壤水、冰水和土壤飽和水。CENTURY 模式整合描述生態系中，火災、放牧和暴風雨干擾的數式 (Ojima et al., 1990; Sanford et al., 1991; Holland et al., 1992; Metherell, 1992)。

(C) TEM :

陸域生態系模式 (Terrestrial Ecosystem Model, TEM) 4 版描述生態系中植物和土壤、C & N 動態 (McGuire et al., 1995)。TEM 需要月氣象資料 (如表 4)、土壤和特別植生參數，以便推估每月 C 流和 N 流和其貯存大小 (pool sizes)。TEM 的水文輸入變數係利用 TEM 相同的氣候資料和土壤參數，由水平衡模式決定計算 (Vörösmarty et al., 1989)。

由 TEM 推算地區和全球尺度淨生產量 (NPP) 和碳存量 (Raich et al., 1991; McGuire et al., 1992、1993、1995b; Melillo et al., 1993、1995)。

十、生物地理化學模式的比較

三個模式皆包括 C、N、水循環，且模擬各循環間的相互作用。CENTURY 和 TEM 皆以每月資料；BIOME-BGC 則以每天資料處理。這三種模式不同在強調特殊的生物地理化學循

環和這些循環對生態系動態的回饋作用。BIOME-BGC 模式主要由水文循環和控制水可獲性對 C 吸收、貯存的功效。

以下為吾人檢視這些模式的不同，其中包括不同生態系組成和描述生態系過程的數式：

1. 碳與碳池 (Carbon and Nitrogen pools)
2. 淨初生長量 (Net Primary productivity, NPP)
3. 對 CO₂ 濃度升高的反應
4. 分解 (Decomposition)
5. 均衡的前題假設 (Equilibrium assumption)

生物地理化學模式一般都屬於較為複雜且聚焦的事件，如 MAESTO 模式 (Wang and Jaruis, 1990、Jaruis, 1993) 或 BIOMASS (McMurtrie *et al.*, 1990)，係模擬詳細的森林樹冠的輻射範圍，利用其導出呼吸作用及光合作用。CENTURY (Parton *et al.*, 1988) 係利用非常簡單的光合作用和呼吸作用路徑，但若用土壤中的養分 (尤其氮和磷) 轉換模式，相對地就需要更為詳細。TEM (Melillo *et al.*, 1993) 以簡單的方式處理碳及水的循環，結果可應用於許多地方，但其產出則只包括一些許的森林產物而已。Forest-BGC (Running and Coughlan, 1988) 則介於 TEM 與 CENTURY 間。

大部分的生物地理化學模式包括不同的大氣 CO₂ 濃度和氮沈積率 (Martin, 1992、McGuire *et al.*, 1993)，通常那些在研究全球變遷各方面很重要的因素，大部分與氣候變遷同時發生。所以，他們可用來做短暫模式 (transient model)，但當主要的時間落差係由於樹株數的變動過程，而不是養分轉換率，則這些模式無法很精確地抓到動態反應。有關資料的需求隨著模式的複雜度，而在資料的型態和數量有所不同。通常，生物地理化學模式在資料項目的需求上，是介於生物氣象模式與演替模式之間，大部分需要每個月的降雨量、溫度和某些植生型的資訊 (如起始的生物量和養分含量) 和土壤型、土壤結構、碳和氮含量等。這些資料可以在大部分的立地，經適度研究即可獲得。某些較精緻的模式，也需要樹冠結構、光合作用參數和根、莖、葉分配格局，這些資料則由更集約、更細膩的研究，才可得到。

當前有些混合模式 (hybrid model) 試圖去整合生物氣象、演替和生物地理化模式 (Comins and McMurtrie, 1993、Friend *et al.*, 1993)，他們仍在發展中，這類模式尚沒有廣泛地發展應用，倘若其可供使用時，對集約資料的需求相形會增加。

十一、空間模式 (Spatial models)

生態過程係指在不同時間、空間尺度中生態作用之運作，以前的生態學家看重某單一地點、較小地理區域、較短時間的改變，然而在過去 20 年來，生態建模者努力於整合空間格局 (spatial pattern) 於模式中且應用模式於較大的地理區域內 (Dkubo 1975, Levin 1976)，目前這個整合工作由最近崛起的地景生態學 (landscape ecology) 取代。地景生態學包括不同領域的科際整合，這些包括地理、物理、生物與生態，所以對於生態過程的空間方面的基本了解是必要。

許多研究指出有效的長期經營與有價值資源的保護，需要對環境變動與生態過程有充分的瞭解。

過去吾人在討論模式時，皆認為個體間皆相當一致且族群內混合得相當均勻，空間的異質性，並不重要。族群是封閉的，亦即無遷入、遷出的現象，很明顯地，這樣的前題假設是不真實的，所以在模式中放入空間的因素變得愈來愈普遍。除了解決以上的問題所致的必要性外，由於 GIS 軟體的發展引用以及個人電腦的記憶體增加，處理速度倍增，亦是空間模式被引用的重要外因。

其次，整合空間過程，亦揭露解決地方性族群模式不可預測的結果，即考慮生態系、族群的穩定性 (Stability) 和動態性 (dynamics)。這種考慮空間的模式在大尺度的人為改變

(anthropogenic changes) 如地區性、全球性氣候變遷的問題探討上，更顯得重要！

十二、模式測驗 (Model testing, Test of Model)

由模式的算出值與田野直接觀測的動態資料做比較，則愈能真實地描述觀測資料者，其模式愈好！實際上有些問題：

- 1、模式的組成值，如出生率，需由野外族群觀察獲得，再與模式所推測的動態數量加以比較。所以其可針對理想模式的推估值分別獨立測驗。
- 2、一般少有充分的田野資料，來提供統計測驗，尤其生態系常具循環式動態或混沌不清的現象。若這種情形最好是幾個世代的族群資料，配合模式的組成，如出生率、移遷率可由田野詳細的量測得之為真值。

利用野外調查實驗的資料與生態模式推估的資料互相查對，以便調適修正模式。觀察實驗值，不但可用來求出參數與測驗模式的預測值和建構新的模式，而且模式可用來指引野外調查實驗設計。

定義事件和可支使用資料的收集確定後，可以判定何種模式適合應用。

寫信給吾人採用模式的擁有者，請他提供例子。調度 (calibration) 與測試幾個地點是有需要，這將很快指出所需要的資料，該模式是否適合做全部的分析？需要什麼資源？使用模式去執行敏感度分析 (Sensitivity analysis) 以最簡單的形式，以導出變數或上升或下降一些 (1, 2, 5, 10%) 調整值來處理，會隨立地而不同的母數，看看其對資料誤差所造成的影響，或前題假設，可否由之得到結論，這將為資料品質導引 (Frischlin *et al.*, 1995)。

十三、假設情境(Scenarios)

假設情境係指對未來世界可能狀況的合理且一致的描述，假設情境的發展、建立、使用，於文中皆予說明，更以森林生物生態系為考慮對象，討論森林碳量吸存，以氣象及社會經濟為基線在各種不同假設情境下的影響變化。

(一)假設情境與預測、推測之差別

假設情境(Scenarios)：未來世界可能狀況的合理且一致的描述謂之(Carter *et al.*, 1994)，或 Webster 詞典所稱“未來發展的藍圖”。

假設情境(scenario)與預測(forecast)不同在於前者討論的是合理的未來狀況，後者則討論最可能的未來狀況。合理未來是假設情境理想的部分，其伴隨著未來發展的範圍，而此兩者皆具內部一致的現象(internal consistency)。而假設情境與推測(projection)不同，則在於前者討論一組相關變數的合理未來狀況，而推測一般是目前趨勢的簡單外推。一般針對單一變數而言，推估是內部一致。

(二)假設情境的發展

沒有任何假設情境會變成真，這並不是說任何假設情境都不好，而是該假設情境需要具有對所知的限制不相衝突的可能性，與目前期望一致的合理性，假設情境亦具預測明顯的未來。然而，合理的發展則是吾人認定的一定範圍內變化，一個好的假設情境應與吾人目前的認知一致，即認為未來會像過去和現在一樣的趨勢，但未來其質與量，往往又不能與目前一樣。所以，假設情境的發展需全面的掌握，瞭解歷史的趨勢，符合國際間相互比較與創意。其實，真實世界並沒有具備這所有假設情境。因為有許多不同的組織創造了不少地區性、全球性的假設情境，所以一般可由文獻取得使用。

許多國家發展，如農業、工業發展計畫、建設計畫，皆需事先設定國家層級的假設情境來幫忙國家決策者，發展可能適應的方案與長期策略，以達更好境界。

假設情境可以用來做衝擊評估與適應性評估(impact and adaptation assessment)。假設在某一人口成長率與經濟發展速率，亦有以農業生產、林地消失來設定其假設情境，以了解其森林及土地利用部門對大氣 CO₂ 吸存釋放的衝擊。在森林部門裏土地利用、水資

源利用、林木的需求、大氣的組成與分解、自然保育政策與經濟、技術組織的改變，皆是適應性、容納量的重要考量。

(三)假設情境的建立

假設情境一般是基於專家判釋、趨勢外推、國際比較和模式的操作。過去歷史的發展是對未來發展的好導引，然而應用時，需要避免簡單的外插，了解觀測趨勢的現象，面對過去發展的形態是適當外插所必需的。

模式在假設情境的發展中相當重要，如人口結構、人口成長、價格改變、經濟結構。模式無法產生完整假設情境，然假設情境需要模式才可以填具其內的細部資料，如人口模式可以配合其他模式所提供死亡率和生產力，更而獲得年齡分布。

(四)假設情境的使用

社會－經濟假設情境係用來提供當氣候變遷時，對內容衝擊的推算，亦即衝擊分析 (impact analysis)，一般由一部門或一個系統（如農業、林業、產業、健康）的現況開始，其次再針對氣候干擾和對該部門，或系統的衝擊（如較多收穫，更多霍亂的病例）。IPCC 以社會經濟假設情境使用於氣候影響時，來考慮其現況及未來，則關係如下圖 5。

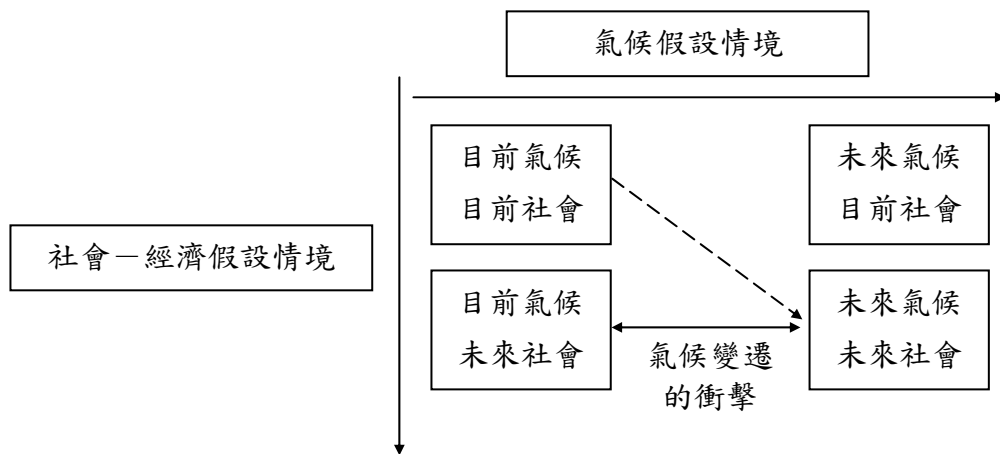


圖 5：氣候與社會經濟的假設情境的現況未來影響情形 (Richard, 1998)

氣候變遷的衝擊研究，如何去發展假設情境的社會經濟參數，使假設情境與衝擊分析結合一起。

其實，De Jouvenal (1967)即利用假設情境進行模擬。由森林生物與生態系會隨時間而有所變化，這些變化有時來自於社會－經濟 (Socio-economic) 因子、自然氣候變遷，有時來自酸雨的非氣候變數的人為干擾，而一般較能掌握其變化趨勢者，大體是以(1)氣象基線；(2)社會－經濟基線的預測。

十四、氣候變遷影響

楊等(1998)在「林業對溫室氣體減量策略規劃及評估研究報告」文內，嘗試利用早已設立的 26 個台灣地區氣象站、816 個雨量站之觀測量、1990-1993 年間舉行之第三次台灣地區森林資源及土地利用調查，由林務局拍攝 32,720 張航空照片並判釋繪製之土地利用型圖，且調查 4,002 個森林地面樣區及 40m*40m DEM 的網格資料，利用地理資訊系統(GIS)的不同的空間推估(Spatial interpolation)方法，由觀測站、調查樣區的點資料，推估至面的資料，並建立臺灣地區歷年來年降水量與年均溫的網格資料。再以 Holdridge 生態區分類模式 (Holdridge life zone classification model)依生物溫度、年降水量及蒸發散量之分類原則，將臺灣地區分成北方地帶、冷溫帶、副熱帶與熱帶四大生態區和十個次級生態區，以探討其模式

應用於臺灣地區的情形，再配合臺灣目前的土地利用型圖(林型圖)與第三次資源調查地面樣區資料，以瞭解 Holdridge 各個生態區內林型、樹種的組成，以為基準面資料。再由溫室氣體量影響溫度、雨量、潛在濕度，更而推估植生、林型的面積範圍及其可能變化趨勢，以提供林業對溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估。馮等(2000A)依當 CO₂ 濃度增加 1 倍時，溫度增加 1.5°C~4.5°C 之範圍，進行假設情境模擬，以溫度增加 1°C、2°C、4°C 時，溫度分布及潛在濕度變動之情形，模擬推估 Holdridge 生態區種類、面積與分布，再以基準面的 Holdridge 生態區之土地利用型、樹種別比例為依據，進行各模擬情況之種類、面積分布比較。最後提出森林對 CO₂ 吸存、釋出能扮演的角色及森林、林業活動。

Feng F. L. & J. T, Kao (2000)以空間推估模組，由觀測站、調查樣區的點資料，推估至面的年均溫度、最高溫度、最低溫度、年均雨量、夏季雨量、冬季雨量等六項氣象資料，以群集分析方法，以歐式距離計算予以區分 3、4、6、8、12、48 類並建立台灣氣候生態區分布圖。

未來擬配合“區域氣候變遷模擬系統之整合與應用計畫”的推估模擬資料與林務局 1995 年完成的第三次資源調查土地利用型圖、地面樣區資料以及收集、建立的台灣地區保護區、保留區的位置、地位、植生、目的等資料，分析以得到台灣各氣候區、林型分布與樹種組成以為往後分析的基準值，以進行溫度、濕度、雨量等變遷的假設情境，以瞭解其樹種、林型面積變化，以獲得在某假設情境下 CO₂ 吸存量的變化。收集台灣主要樹種林木生長資料，建立生長模式為基準值，再考慮環境因子以建立單株孔隙模式 (individual-tree gap model)。同時收集林木基因及森林環境因子，以推估每年全台灣該樹種林型之林分生長與 CO₂ 吸存資料。並研擬林業為因應氣候變遷下的適應對策，進而探討在因應氣候變遷前提下，我林業經營與土地利用策略。

《重要參考文獻》

- 楊榮啟、馮豐隆、黃俊維、高堅泰 (1998) “林業溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估研究報告”，行政院環境保護署八十七年度空氣污染防治研究發展計劃，EPA-87-FA44-03-75，111 頁。
- 馮豐隆、高勝助、黃國峰 (1999) 固定源總量調查—森林碳吸存之效益評估，行政院環保署八十八年度空間污染防治基金專案計劃期末報告 (EPA-88-FA32-03-2215)，74 頁。
- 馮豐隆、高堅泰 (2000) Holdridge 生態區分類方法在台灣的應用與模擬，X2000 ESRI 暨 ERDAS 用戶會議暨成果應用發表研討會，2000.11 於台北劍潭活動中心。
- Box, E.O. 1980. *Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography*. Junk, The Hague, The Netherlands.
- Carpener, G., A.N. Gillison, and J. Winter. 1993. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2, 667-680.
- Carter, T. R., Parry, H. Harasawa and S. Nishioka. 1994. IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Feng, Fong-Long and Jian-Tai Kao (2000) Climate Regions of Taiwan. XXI IUFRO World Congress 7-12 Aug, 2000 Kuala Lumpur. Malaysia.
- Giannini, R. and F. Magnani. 1994. Impact of global change on pollination processes and on the genetic diversity of forest tree populations. *Forest Genetics* 1, 97-104.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climatic Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, edited by Hughton, J.T., B. A. Callander, and S. K. Varney. 1992. Cambridge University Press, New York.
- Jarvis, P.G., and K.G. McNaughton. 1986. Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to

- region. *Adv. Ecol. Res.*, 15, 1-49.
- JRC. 1996. *TREES Project: A European Initiative for Tropical Forest Ecosystems*. Joint Research Commission, European Commission project EUR 17258 EN.
- Melillo, J.M., A.D. McGuire, D.W. Kicklighter, B. Moore, III, C.J. Vorosmarty, and A.L. Schloss. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature* 363, 234-240.
- Melillo, J.M., D.W. Kicklighter, A.D. McGuire, W.T. Peterjohn, and K.M. Newkirk. 1995. Global change and its effects on soil organic carbon stocks. *Role of Nonliving Organic Matter in the Earth's Carbon Cycle*. edited by R.G. Zepp and Ch. Sontagg, John Wiley, New York, 175-189.
- Neilson, R. P., and D. Marks. 1995. A global perspective of regional vegetation and hydrologic sensitivities from climate change, *J. Veg. Sci.* 5, 715-730.
- Parton, W.J., J.W.B. Stewart, and C.V. Cole. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochemistry* 5, 109-131.
- Penner, J. E., C. S. Atherton, and T. E. Garaedel. 1994. Global emissions and models of photochemically active compounds, in *Global Atmospheric Chemistry*, edited by R. Prinn, 223-247, Plenum, New York.
- Prentice, I.C., M.T. Sykes, and W. Cramer. 1993. A simulation model for the transient effects of climate change on forest landscapes. *Ecological Modelling* 65, 51-70.
- Prentice, I.C., W. Cramer, S.P. Harrison, R. Leemans, R.A. Monserud, and A.M. Solomon. 1992. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* 19, 117-134.
- Richard, S. J. 1998. Socio-Economic Scenarios in Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Editor by Feenstra, J. F. I. Burton, J. B. Smith and Richard S. J. Tol ver 2. UNEP. P2-1~2-17.
- Running, S. W., and E. R. Hunt Jr. 1993. Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models, in *Scaling Processes Between Leaf and Landscape Levels*, edited by J. R. Ehleringer, and C. Field, 141-158, Academic, San Diego, Calif.
- Running, S.W. and J.C. Coughlan. 1988. A general model of forest ecosystem processes for regional application. I. Hydrological balance, canopy gas exchange and primary production process. *Ecological Modelling* 42, 125-154.
- Ryan, M.G., E.R. Hunt, R.E. McMurtrie, G.I. Agren, J.D. Aber, A.D. Friend, E.B. Rastetter, W.M. Puliam, R.J. Raison, and S. Linder. 1996. Comparing models of ecosystem function for temperate conifer forests: I. Model description and validation. In *Global Change: Effects on Coniferous Forests and Grasslands*, A.I. Breymeyer, D.O. Hall, J.M. Melillo, and G.I. Agren (eds). SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) 56. John Wiley, Chichester, United Kingdom, pp, 313-362.
- Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1: 77-91.
- Scholes, R.J. and M.R. van der Merwe. 1996. Sequestration of carbon in savannas and woodlands. *The Environmental Professional* 18, 96-103.
- Shugart, H.H. 1984. *A Theory of Forest Dynamics*. Springer Verlag, New York.
- Shugart, H.H. and D.C. West. 1980. Forest succession models. *Bioscience* 30, 308-313.
- Shugart, H.H., P.J. Michaels, T.M. Smith, D.A. Weinstein, and E.B. Rastetter. 1988. Simulation models of forest succession. In *Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes*, T. Rosswall, R.G. Woodmansee, P.G. Risser (eds). SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) 35. John Wiley, Chichester, United Kingdom, pp. 125-150.
- Smith, T.M. and H.H. Shugart. 1993. The transient response of terrestrial carbon storage to a perturbed climate. *Nature* 361, 523-526.
- Solomon, A.M. 1986. Transient responses of forests to CO₂ induced climate change: Simulation

- modeling experiments in eastern north America. *Oecologia* 68, 567-569.
- Thornley, J. H. and Cannell, M. G. R. 1996. Temperate forest responses to Carbon dioxide, temperate and nitrogen: A model analysis. *Plant, Cell and Environment* 19:1331-1348.
- Tiktak, A. and Von Grinsven H. J. M. 1995. Review of sixteen forest-soil-atmosphere models. *Ecological Modelling* 83:35-53.
- Townshend, J.R.G. (ed). 1992. Improved Global Data for Land Applications: A Proposal for a New High Resolution Data Set. Report of the land cover working group of IGBP-DIS. International Geosphere-Biosphere Project, Stockholm. Also, <http://www.meteo.fr/cnrm/igbp/>
- Urban D. L. M. F. Acevedo and S. L. Garman. 1999. Scaling fine-scale processes to Large-scale patterns Using Models Derived from Models: Meta-models in the 4 chapter of Madenoff D. J. and W. L. Baker. 1999. edited "Spatial modeling of forest landscape change: approaches and applications".
- Wang, Y.P. and P.J. Polglase. 1995. Carbon balance in the tundra, boreal forest and humid tropical forest during climate change: Scaling up from leaf physiology and soil carbon dynamics. *Plant Cell and Environment* 18, 1226-1244.
- Woodward, F.I. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Woodward, F.I., and T.M. Smith. 1994a. Predictions and measurements of the maximum photosynthetic rate at the global scale. In *Ecophysiology of Photosynthesis*, edited by E.-D. Schulze, and M.M. Caldwell, *Ecological studies*, Springer-Verlag, New York. 100: 491-509.

十八、研究方法、進行步驟及執行進度：

- 請分年列述：
- 1.本計畫採用之研究方法與原因。
 - 2.預計可能遭遇之困難及解決途徑。
 - 3.重要儀器之配合使用情形。
 - 4.如為整合型計畫，請就以上各點分別說明與其他子計畫之相關性。
 - 5.如為須赴國外或大陸地區研究，請詳述其必要性以及預期成果等。

一、研究方法

(一)建立台灣主要氣候植生分布模式

- 1、以 GIS 1km*1km 網格單元，建立氣象生育地因子(溫度、雨量、蒸發散量、日照量等)。
- 2、地理土壤生育地因子(海拔高、坡向、土壤水份等)。
- 3、與潛在植生及現有植生分布圖。
- 4、考慮氣象生育地因子配合空間模式，建立與評估台灣主要氣候植生分布模式(如 Holdridge、孔隙模式、陳正祥 8 區、蘇鴻傑 47 區等)。

(二)建立台灣主要樹種林型之森林生產力之關係

- 1、選擇主要森林植生種類，進行更新、生長、枯死模式之建立。
- 2、進行實證型生長模式(如 Richards、Schnute)及過程生長模式(如孔隙模式、TEM、BIOME 2、BIOME-BGC 等)的建立與評估。

(三)考量時間尺度(temporal scale)與空間尺度(spatial scale)

- 1、尺度(scale)建立台灣森林植生多尺度資料庫並由其他計劃獲得多尺度氣象資料(不同空間尺度網格單元及日、月、季、節氣、1年、5年、10年等不同時間尺度資料)
- 2、重要的植生分布模式與生產力模式，對不同時間尺度(temporal scale)與空間尺度(spatial scale)的感應。
- 3、由不同空間尺度的網格單元與不同時間尺度的全球及區域氣候模式，探討氣象因子分布與森林植生分布、林型生產量分布間的關係。

(四)建立區域氣候變化對森林之影響

- 1、建立區域氣候變化對森林植生分布之影響關係。
- 2、建立區域氣候變化對森林植生生產力之影響關係。
- 3、由過去氣候事件之模擬資料，對台灣森林的植生分布與生產力的衝擊，加以評估、驗證。
- 4、結合其他計劃之區域氣候模式的氣象／水文／化學模擬結果與其他生育地因子，建立森林植生分布與生產力評估系統。

(五)進行區域氣候模式對台灣森林植生分布與生產力的影響評估、預測、推估與修正。

- 1、區域氣候模式的模擬、預測的測試資料對台灣森林植生分布，進行影響評估、預測與推估，並加以修正。
- 2、區域氣候模式的模擬、預測的測試資料對台灣森林生產力的影響、預測與推估，並加以修正。

(六)考慮生態模式尺度放大(scale-up)與尺度縮小(scale-down)問題。

- 1、檢視不同空間尺度的網格單元與不同時間尺度的區域氣候模式，與森林植生分布、林型生產量分布間模式參數間的關係。
- 2、由細胞自動化(Cellar Automata)技術來探討不同空間尺度的網格單元性質間的關係，以解決森林生態模式尺度放大與尺度縮小問題。

(七)由大量區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布與生產力及森林、土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之衝擊評估

- 1、由區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布、生產力之動

態衝擊評估。

- 2、更而將氣象／水文／化學模擬結果與 IPCC 表，以進行森林、土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響。

(八)建立在各種氣候假設情境 (Scenario) 下，森林分布與生產力的影響與策略。

- 1、建立台灣主要氣候植生分布(地景)變遷模式。
- 2、建立在各種氣候假設情境下，森林分布與生產力的影響。
- 3、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

二、進行步驟與執行進度

●分年研究重點

一、第一年 (2001/8~2002/7)

- 1、考慮氣象生育地因子(溫度、雨量、蒸發散量、日照量等)地理(海拔高、坡向等)、土壤生育地因子(土壤溫度、土壤水潛勢、土壤水份等)與潛在植生及現有植生分布圖，建立台灣主要氣候植生分布模式 (如 Holdridge、孔隙模式、陳正祥、蘇鴻傑等)，選擇主要森林植生種類，進行實證型生長模式 (如 Richards、Schnute) 及過程生長模式 (如孔隙模式、TEM、BIOME 2、BIOME-BGC 等) 的建立。
- 2、重要的植生分布模式與生產力模式，對不同時間尺度 (temporal scale) 與空間尺度 (spatial scale) 的感應。
- 3、收集、繪製中央氣象局、水利局之氣候站及雨量站與早期林務局林業氣象站資料，並進行點推面的空間推估，建立區域氣候變化對森林潛在及目前植生與樹種組成、結構分布之關係。
- 4、建立區域氣候變化對森林主要樹種、植生生產力之關係。

二、第二年 (2002/8~2003/7)

- 1、由過去氣候事件之模擬資料，對台灣森林的植生分布與生產力的衝擊，加以評估、驗證。
- 2、結合區域氣候模式的氣象／水文／化學模擬結果與其他生育地因子，建立森林植生分布與生產力評估系統。
- 3、由不同空間尺度的網格單元與不同時間尺度的區域氣候模式，探討氣象因子分布與森林植生分布、林型生產量分布間的關係。

三、第三年 (2003/8~2004/7)

- 1、區域氣候模式的模擬、預測對台灣森林植生分布，進行影響評估、預測與推估，並加以修正。
- 2、區域氣候模式的模擬、預測對台灣森林生產力的影響、預測與推估，並加以修正。
- 3、建立台灣潛在的主要氣候植生分布(地景)變遷模式。
- 4、考慮生態模式尺度放大 (scale-up) 與尺度縮小 (scale-down) 問題。

四、第四年 (2004/8~2005/7)

- 1、由區域氣候模擬及短期氣候預測資料庫之資料，進行對森林植生分布與生產力之衝擊評估。
- 2、更而將氣象／水文／化學模擬結果與 IPCC 表，以進行森林土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態影響。
- 3、建立在各種氣候假設情境 (Scenario) 下，森林分布與生產力的影響。
- 4、由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

十九、預期完成之工作項目及具體成果：

請分年列述：

1. 執行期限內預期完成之工作項目。
2. 對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻。
3. 對於參與之工作人員，預期可獲之訓練。
4. 本計畫如為整合型計畫之子計畫，請就以上各點分別說明與其他子計畫之相關性。

(一) 執行期限內預期完成之工作項目

- 1、建立台灣主要氣候植生分布模式，與主要森林植生種類之生產力推估模式與評估系統。
- 2、建置氣候變遷對台灣森林植生分布與生產力衝擊之評估模式模擬系統及評析架構。
- 3、建立具氣象模擬值、土壤及植生調查資料之多人存取網路地理資料庫並發展氣候變遷情境模擬之資料輸入輸出的介面。
- 4、了解不同時間尺度與空間尺度的氣象資料，對植生分布模式與生產力模式的敏感程度。
- 5、了解如何進行氣候變遷對森林植生分布與生產力之生態模式之尺度放大 (scale-up) 與尺度縮小 (scale-down)。
- 6、建立國家通訊 IPCC 表一森林及土地利用部門二氧化碳吸存與釋放之動態評估系統。
- 7、建立在各種氣候假設情境 (Scenario) 下，森林分布與生產力的影響動態評估系統。
- 8、建立由氣候變遷及假設情境的結果，進行森林及土地利用策略之研擬。

(二) 對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻

- 1、於國際會議及學術雜誌發表有關論文，如：
 - (1) 台灣植生分布模式與生產力推估模式發展與應用；
 - (2) 整合生長收穫模式、演替模式與空間模式於森林生態系經營上之應用；
 - (3) 時間多尺度生態模式之建立／空間多尺度生態模式之建立／考慮時間與空間多尺度模式之生態模式；
 - (4) 實證模式與過程模式之比較與整合；
 - (5) 氣候變遷對植生分布與生產力之影響。
- 2、國家發展及應用：
 - (1) 建立多人存取網路地理資訊統資料庫；
 - (2) 提供每年國家通訊中 IPCC 表：森林及土地利用部門二氧化碳吸存與釋放分析表之撰寫；
 - (3) 提供氣候變遷假設情境之模擬模式系統，以供森林及土地利用策略之研擬；
 - (4) 提供區域氣候變遷衝擊、林業－土地利用部門的適當空間、時間尺度的資料。

(三) 對於參與之工作人員，預期可獲之訓練：

- 1、可獲得資料庫建構、資料庫管理系統(DBMS)與地理資訊系統(GIS)整合，還有 DBMS + GIS + 網路(internet)結合的技術訓練。
- 2、可以學習及研發建立實證模式與過程模式的技術及整合原理思考的訓練。
- 3、對森林生態系全盤的了解，不論生育地因子、生物生態因子、不同時間、空間尺度的現象及關係的訓練。

(四) 與其他子計畫之相關性：

- 1、森林植生分布與生產力／生態模式，與時間、空間尺度有相當的關係，且往往除了森林植生組成、結構變遷狀況的資訊外，尚需其所在地理位置之氣象、水文、土壤、化學等生育地因子的資料，才能進行森林生態系植生分布、生產力的現況、結構、功能

與變遷的分析。

- 2、全球或區域性空間尺度的氣象資料，可由 1~6 子計畫提供；C、N、H₂O 等化學物質資料可由 10 子計畫提供；地表水與地下水等水文資料可由 1、6、7 子計畫提供。
- 3、森林植生分布與生產力的參數，可為氣候變遷衝擊的指標。
- 4、本計畫可提供時間、空間合適尺度的地理資料庫。

農委會—I

生態系經營管理模式之建立(2)

*Developing the Information Management
Model of Ecosystem Management (2)*

行政院農業委員會主管科技計畫
九十年年度細部計畫說明書

生態系經營管理模式之建立(2/3)
Developing the Information Management System of
Ecosystem Management

國立中興大學
中華民國九十年二月



執行機構(計畫)識別碼：

[10碼]

行政院農業委員會主管科技計畫 九十年年度細部計畫說明書

※以下各欄之紅色文字部分係注意事項，請先閱讀，閱畢刪除之，再開始填表。

一、計畫序號及名稱

- (一)序號： [請以序號 1. 2. 3. ……填入；倘為單一計畫，請刪除本項。]
- (二)中文名稱： 生態系經營管理模式之建立(2/3)
- (三)英文名稱： Developing the Information Management System of Ecosystem Management

二、計畫編號

- (一)國科會審議編號：
- (二)本年度計畫編號 [請於計畫通過後再填列。]
 - 中文：
 - 英文：
- (三)去年度計畫編號 [延續性計畫務必填列，如係新增計畫請註明新提計畫。]
 - 中文： 89 科技-1.5-林-63(4)
 - 英文： 89-ST-1.5-FO-63(4)

三、計畫依據 [得分段方式增加說明另外所依據之法令、方案或其他重要施政措施。] 邁向廿一世紀農業新方案。

四、計畫屬性 [請勿複選。]

- 1. 科技類
- 2. 非科技類

五、研究性質 [請勿複選。]

- 1. 基礎研究
- 2. 應用研究
- 3. 技術發展
- 4. 商品化
- 5. 其他

六、研究領域：57 林業類

[請參照「研究領域及專長領域代碼表」填寫，請只填列乙項。]



七、執行機關與執行人 [執行機關係指細部或單一計畫之總負責機構，限填一個機關。執行人為執行機關首長。]

機關名稱	單位名稱	執行人	職稱
國立中興大學	森林系	李久先	教授兼主任

八、協辦(合作)機關 [除執行機關之外，其餘參與計畫之機關均列為協辦(合作)機關，執行人為協辦(合作)機關代表。]

機關名稱	單位名稱	執行人	職稱
國立台灣大學	森林系	王亞男	教授

九、計畫主持人 [計畫主持人接受「行政院所屬機構」委託研究計畫總數最多以兩項為原則。]

機關名稱：國立中興大學
 姓名：馮豐隆 職稱：教授 單位名稱：森林系
 電話：04-22854060 傳真：04-22872027
 電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十、研究人員 [計畫主持人免填入本欄。]

序號	機關名稱	單位名稱	研究人員	職稱
1.	中興大學	實驗林管理處	林明進	場長
2.	中興大學	實驗林管理處	羅南璋	組員
3.	中興大學	森林系	吳昶清	研究生
4.	中興大學	森林系	王駿穠	研究生
5.	中興大學	森林系	張小飛	研究生
6.	中興大學	森林系	林姩嬪	研究生
7.	中興大學	森林系	童秋霞	研究生
8.	中興大學	森林系	黃玲媛	研究生
9.	中興大學	森林系	陳淑芬	研究助理

十一、計畫聯絡人 [為執行機關人員，負責本計畫進度控制、季報表、期中檢討及執行成果依期限內填報資料，限填乙名。]

機關名稱：國立中興大學



姓名：馮豐隆 職稱：教授 單位名稱：森林系
電話：04-22854060 傳真：04-22872027
電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十二、執行期限

全程計畫：88年7月1日至92年12月31日止
本年度計畫：90年1月1日至90年12月31日止

十三、實施地點

惠蓀林場、新化林場

十四、計畫內容 [除預定進度用表格表示外，其他各項請用文字敘述，且各項字數請勿超過一千五百字。]

(一)已完成之重要計畫成果摘要：[延續性計畫請填列。]

- (1)檢討本省森林資源調查之歷史背景、目的與結果展示比較與資訊應用。
- (2)比較各種調查目的的取樣設計、調查項目、調查方法、資料輸入格式、資料分析方法、步驟。其內容包括三次全省性土地資源調查之比較、連續調查與生長量調查之比較。
- (3)整合森林資源調查與檢訂調查可行性之探討，包括調查目的、方法之整合、結果及費用之比較。
- (4)整合森林資源調查體系之研擬。
- (5)探討當前農委會、農林廳、林務局、林管處、工作站等林業各級經營決策者、人民與專家學者對森林資源經營管理所認定迫切需要解決的問題。
- (6)建立森林生態系經營理論與實務、森林生態系經營決策支援系統易議。
- (7)生態系經營理念下永久樣區之設立與探討，利用GIS將DEM進行坡度、坡向、海拔高分析，並由航空照片進行土地利用型分類圖數化製作以為分層依據，再進行決定樣本大小、樣區位置、取樣設計。
- (8)完成全省、惠蓀林場關刀溪集水區、杉木人工林生態系之多尺度生物生態向量式資料庫，及初擬140.120.93.10興大森林調查測計研究室網站，提供資料、資訊、展示與分享。
- (9)完成1km×1km網格點、溫度、雨量、土壤、地形等12種生育地因子之空間推估的工作，並完成生育地綜合生育地區集分類工作及網路查詢系統。
- (10)研擬台灣生態系經營時，在永續經營、適應性經營理念下的準則與指標，內容就生物生態、社會經濟的準則，訂定生物歧異度保育、生產力維持、碳循環貢獻等指標。
- (11)針對東勢林管處一八仙山事業區，進行事業區層級的準則與指標的探討。
- (12)由生物生態資源面討論生態系經營管理模式，由實證、類比、專家判斷、數學



模式、空間模式、整合模式，說明其建模的方法。

(二)擬解決問題：[包括背景與問題分析及計畫目的等。]

收集整合生態系之供給、需求與經營有關單位組織、人員的資料與資訊，以便在現有知識、技術與資訊下，進行生態系經營，透過試驗經營，在經營設計與監測下邊經營邊學習，更而獲得經驗、資訊、知識、技術，以改進調適現有的經營管理方式。取樣設計資的收集、調查、監測資料庫的建立資料處理分析、模式建立，以至於決策支援系統的建立，仍是達成適應性經營必要的程序，以便自然資源能更合理，更有效率及保續的經營管理。

過去完成(1)取樣設計地面永久樣區；(2)資源調查與監測系統；(3)建立多尺度空間資源經營資料庫；(4)建立資料處理、分析過程與推估，並予今年(89年)訂定台灣符合生物生態、社會經濟之保續經營所用的準則與指標(Criteria and Index)與針對生態模式做系統性探討。往後仍需依照所研擬台灣生態系經營之生態生物、社會經濟及經營管理三方面的準則與指標，建立以地景生態學為考量之模式系統以提供歧異度、生產量、森林健康的現況、功能之推估、變遷之預測與假設情境之模擬的生態模式系統。更而完成建立森林生態系森林資源經營資訊決策支援系統。

以數量化、地圖化、影像化來表示現況、功能與變遷，而這些現況、功能、變遷的瞭解，亦往往由樣區或其他代表性地區所獲得的樣本資料及其機制過程來推估、計算地景、生態系、地區或國家等較大範圍族群的現況，更而由同時點生物與環境、生育地資料，進行功能性分析，以瞭解彼此間的關係及其機制等功能性資訊。另外，再由不同時點所獲得的資料進行資源環境變化等變遷分析。而凡此不同空間層級的現況、功能與變遷分析皆需數學模式來探討，而不同模式有其不同的前題假設、不同的考慮。如何來建立、擬定、應用、測驗、資訊提供過程中不可或缺的工作。

本年度仍承襲過去完成的研究成果，針對生態變遷模式系統的核心模式-實證模式(或稱戰術模式，tactical model)及機制模式(或稱戰略性模式，Strategic model)來探討生長收穫模式、孔隙模式(gap model)與由單株、林分層級推估至地景、生態系層級現象、變遷的地理空間推估模式，加以探討修正以符合台灣生態系經營之生產力評估、CO₂吸存評估、物種與地景歧異度保育經營支用。

(三)前人研究概況：[國內外有關本計畫之研究摘述。]

森林經營若以生態系為基礎的整體方法，則會有性態值的預測系統，如生長收穫模式、演替模式、經營管理模擬模式，而這些生態模式的種類可依其考量分為：(1)實證模式或(2)過程模式。

1、實證模式

係建立系統內部構造、法則或行為性態值間的統計關係(Korzukhin and Others, 1996)。實證模式的預測方法，有利於林木的生產推估，但當考慮森林生態系過程和結構時，實證模式就顯然不夠，它是簡單描述和封閉方法，且條件和參數都是一致，缺乏一般性、不實際(Korzukhin and Other, 1996)。



2、過程模式

相反地，地景經營，其預測是定義森林生態組成間的關係。預測森林經營活動的產出或增加對森林生態系的瞭解。而過程模式（process models）係以決定內部結構、規則、行為的主要機制（mechanisms）或過程（processes）來描述資料。所以，過程模式適合於說明維持解析新物件或條件，提供生態系的因果關係，也可以提供說明其他類似性質的資料與其因果關係。在地景經營裏，若需推測過程，則利用過程模式較為妥適。

以下僅就實證—統計模式與過程—機制模式，加以說明：

1、實證—統計（Empirical statistical）

在投入、產出的變數間建立統計關係，謂之實證模式（empirical model），一般簡單且若推估的情況在其建模資料使用的範圍內，則推測效率很高。這類模式的缺點是其存在的相關，只能提供可能的因果關係，但無法證明。所以使用這些模式來外插推測（extrapolate）建模使用資料的範圍外的狀況，風險是相當大的。與其建模資料偏差愈大，則其風險愈大。

大多數的工業用材林的生長收穫模式或收穫表是以實證模式建立。透過以地位指數表示生長潛能的模式，可以與氣候關連。其可應用於氣候變遷下的森林生產力推估。但此模式不適於推估 CO₂ 濃度增加或固氮力增強下的森林生長。

生物氣候模式（Bioclimatic models），一般也是實證統計型，其建立於某樹種、群叢出現與否與氣候變數間的關係。典型的氣候因子包括濕度（如平均年雨量、雨量與蒸發散量的比）、溫度（如最大、最小、平均溫度）和季節（如夏天、冬天的長度、冬季雨量、夏季雨量等）。模式有簡單如 Holdrige (1967)，複雜如 Box (1980)，簡單模式易於應用，但預測力差；複雜模式預測能力強，但需較多、較詳細的資料，且不易外推至其他地區。

2、過程—機制（Process-based models）

使用 gap 模式去推估森林中樹種組成的改變。FORET (Shugart, 1984) 依當地樹種參數，模擬 50 年植生可能的變化。

基於過程模式（process-based models），又稱機制模式（mechanic model）。因為其導源於投入產出的已知機制，他們通常較為複雜，因此其所需資料也較實證模式所需者集約（data-intensive），至於對目前氣候的精確推估，就沒有那麼必要。然而，其由建模的小量資料外推至建模所使用的資料範圍以外時，可信度仍是無庸置疑。在大部分的情況，這些模式，可以預測改變的時間表與其穩定狀況。通常這類模式較適合做動態（dynamic）或瞬間（transient）模式，生物氣象模式（Bioclimatic models）包括機制過程的關係，譬如，許多植生分布模式，基於植物的水和能量平衡，而不僅僅用年降雨量，而且使用生理限制代替武斷的氣候限制來建模 (Friend *et al.* 1993)。有些單純林、同齡林之人工林



林分生長模式是利用詳細的生理現象來建立，如 McMurtrie *et al.* (1993) 利用此模式建立生長於澳大利亞的德達松 (pinus radiata) 的生態模式。有許多森林模式是進行模擬某一地區許多單株林木的建造、生長和死亡。

這些模式可以應用到混濘林，因為它可以推估其時間歷程裏，各階段由於許多不同樹種交互作用的產出，也就是演替、嵌塊體或孔隙 (patch or gap) 模式 (Shugart and West, 1984)，他們基於單株林木的壽命、生長率和對環境的需求 (如光線反應的耐陰性、溫度、土壤、水、養分) 資訊。這些資訊可以由研究豐富度的森林手冊或專家判斷獲知，但是在缺乏研究的國度裏，要獲得這些資訊就困難了！演替模式 (Succession model) 在推估經過干擾後 (如火災、風災)、樹種組成的改變上，相當有用。因為其由樹的數量—樹口學 (demography) 而來，所以他們非常適合幾十年至一百年的短暫分析。

這個演替模式所依循的理論是非常基本的，可用於任何森林，然而找尋真實的參數值來做修正 (calibrate) 以適於某一新狀況，長期間樹種組成改變的資料組，可用來驗證此類模式的預測結果。這部分的主要研究工作，要花好幾年才行。因此，除非已有資訊可供使用，否則，演替模式無法使使用者有信心地使用。演替模式使用時，由於其需追蹤單株林木於千百個森林林分中的上千萬株林木，所以需要強有力的計算資源。在跑整個國家的林木資料，則非超級電腦無法勝任。

(四) 計畫目標 [預期完成之工作項目及具體成果。]

1. 全程目標：[二年以上至六年以下之中程計畫等延續性計畫請填列總計畫目標及分年度工作計畫目標，如屬單一年度計畫，請填本年度目標即可。]

(1) 總目標：

建立台灣生態系經營管理模式系統，由供給面討論生物、生態模式，由需求面探討社會、經濟，以及由法令政策探討經營管理面，以利生態系適應性經營。

(2) 分年度工作目標：[請以期(全)程分年度 (如 89 年度)，分段摘要敘述。]

90 年：生態系經營的生物生態模式檢討、研擬。

91 年：生態系經營的社會經濟模式檢討、研擬。

92 年：生態系經營的經營管理模式檢討、研擬。

93 年：生態系經營的生態經營管理模式系統。

2. 本年度目標：[請詳述。]

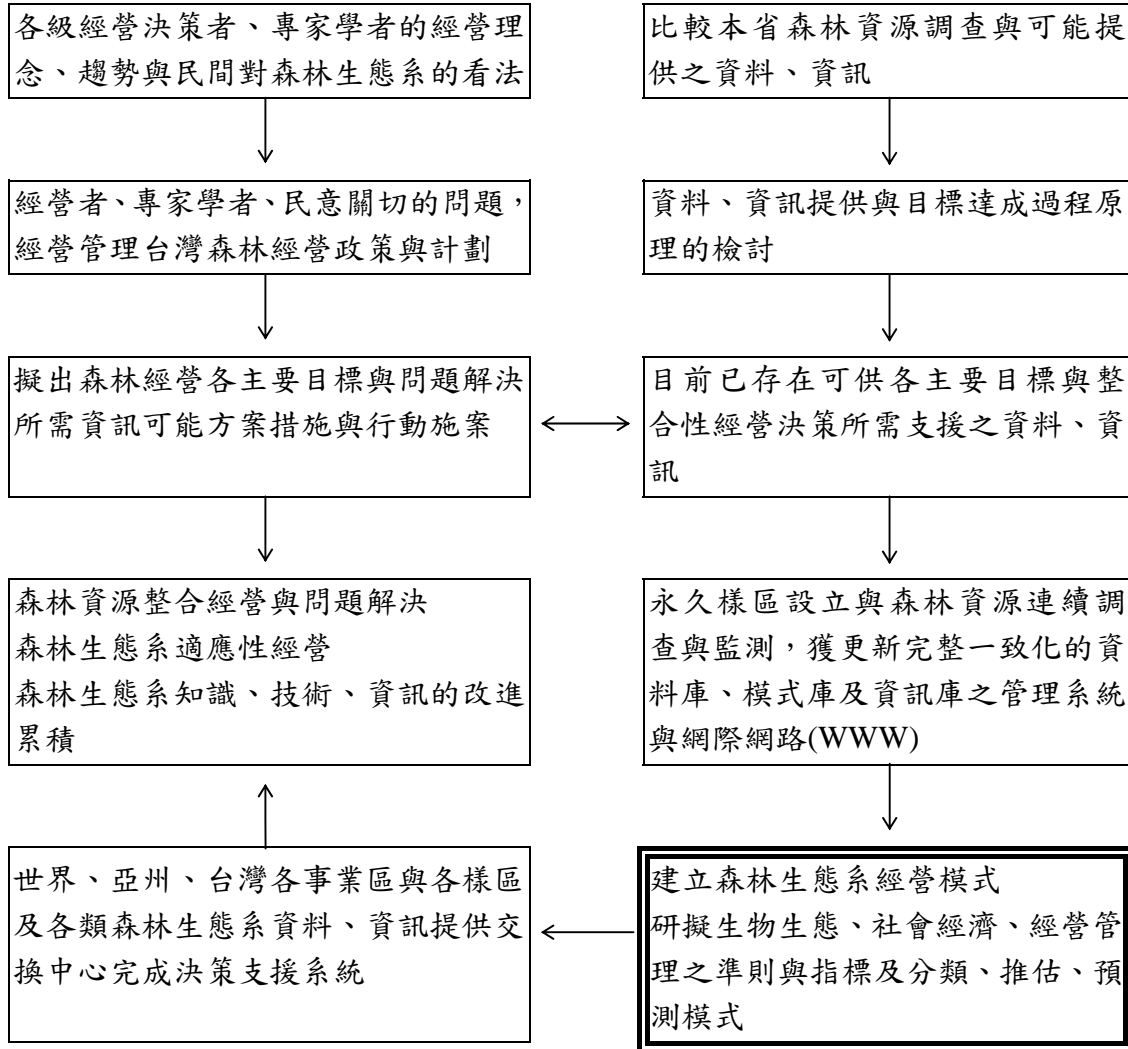
本年度仍承襲過去完成的研究成果，針對生態變遷模式系統的核心模式-實證模式 (或稱戰術模式，tactical model) 及機制模式 (或稱戰略性模式，Strategic model) 來探討生長收穫模式、孔隙模式 (gap model) 與由單株、林分層級推估至地景、生態系層級現象、變遷的地理空間推估模式，加以探討修正以符合台灣生態系經營之生



產力評估、CO₂吸存評估、物種與地景歧異度保育經營支用。

(五)重要工作項目及實施方法：[請列述完成各項工作的主要方法及步驟，包括採用方法、預計可能遭遇之困難、解決途徑、重要儀器及設備之配合使用情形。]

(1)重要工作



圖一 本計劃執行流程及本年度（90年度）計劃重點（□）

生態系經營模式的建立：

包括生物生態模式、社會經濟模式與生態經營模式。空間圖層之空間分析方法與非空間屬性之統計分析方法之研擬。

- (1)建立生態系經營有關生物、生態的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值的狀況、功能、變遷的模式。
- (2)建立生態系經營有關社會、經濟的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值狀況、功能、變遷的模式。
- (3)建立生態系經營有關經營管理措施的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值狀況、功能、變遷的模式。

擬分三年完成，今年仍以生物生態模式為探討對象。然而以數學模式—實證統計模式與



過程機制模式及空間模式為核心之研究重點，力圖建立台灣生態系經營之模擬系統。

(2)本年度實施方法步驟：

- a.繼續調查、收集、彙整各領域田野調查資料，並建立於地理資訊系統的圖層、屬性表中。
- b.檢討、討論及研擬台灣全省事業區或生態系、地景、集水區、流域等經營單位之永續森林經營的準則與指標。
- c.針對台灣全省、惠蓀林場、八仙山事業區保續經營之生物生態、社會經濟的指標、整理、建立各指標推算值的推估、預測、模擬之模式。
- d.提供單一物種族群及多物種群叢（Community）結構、組成之生物現況推估模式。
- e.以實際調查收集資料、說明、建立及使用模式，並加以測驗。
- f.建立單一物種族群的個體數量或物群叢中物種歧異度與環境因子（生物與非生物生育地間）相互作用關係之功能（function）模式，可分為實證模式（或稱戰術模式，tactical model）及機制模式（或稱戰略性模式，Strategic model）來探討說明之。
- g.考慮建立在時間歷程裏，單株生長、林分發展之族群動態模式，以及生態系、群叢演替、地景變遷的動態模式。
- h.推展考慮族群、群叢有遷入、遷出之空間格局分布、功能與變遷的空間模式。



(六)預定進度：[如有兩個以上機關共同執行本計畫，應填列綜合進度，並注意重要工作項目應與(五)所列舉者及評估指標互相配合，工作比重總和應等於 100%。]

重要工作項目	工作比重 %	預定進度	90 年				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
整理模式	30	工作量或內容	整理	整理			
		累計百分比	50	100	100	100	
建立模式	30	工作量或內容		建立	建立		
		累計百分比		50	100	100	
檢討驗證模式	40	工作量或內容			檢討	檢討	
		累計百分比			50	100	
累計總進度	百分比		15.0	45.0	80.0	100.0	

(七)預期效益及評估指標：[計畫執行效益及指標，請配合年度目標儘量數量化，以顯示計畫績效，並作為管考查證之依據。]

1.預期效益：

- (1)整理生態模式的內涵及其在生態系經營管理上之地位。
- (2)收集、整理生態模式、全省、各事業區單一物種族群、多物種群叢、生態經營之野外調查研究與生長之永久樣區資料，所建立之分類、推估、預測之模式。
- (3)整合資源調查之屬性與圖籍資料。
- (4)依林木、林分、地景、生態系與地形、氣候、溫度、雨量等有關因素，建立資料庫、資訊庫評估系統。
- (5)利用電腦網格，將生態系經營資訊庫與網路系統結合建立。
- (6)整理、研擬台灣及事業區、永續經營之原則與指標，以利監測之依循及生態系經營之進行。
- (7)族群、群叢、生態系、地景等不同層級、生物生態現況、功能及變遷模式之建立，以為生態系經營管理問題的解決、正確決策之評估與選擇。
- (8)生態模式系統之建立，以為科學研究之參考，生態系經營管理之應用。

2.評估指標：[必須與(六)預定進度表中重要工作項目進度相對照。]

- (1)建立族群、群叢之樹種組成、林分結構等現況生物推估模式。
- (2)調適、修正已建立之生育地現況推估模式。
- (3)建立生物族群、群叢與環境因子(生物、生育地)間之關係的生態功能模式。
- (4)由實證統計模式及過程機制模式來建立生物、生態變遷之動態模式。



- (5) 檢討實證統計模式於生長收穫模式的應用。
 (6) 檢討過程機制模式於孔隙模式 (gap model) 上的應用。
 (7) 考慮空間因子之現況、功能與變遷模式。

十五、過去三個年度之計畫結束報告是否已提送 [延續性計畫務必填列。]

89	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：))
88	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：))
87	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：))

十六、計畫經費分類 [計畫經費分類有補助費、委辦費及自辦經費，預設為委辦費。]

(單位：千元)

經費類別	經常門	資本門	合計
委辦費	190	0	190

十七、預算細目

* 預算科目分類及代號請依據「行政院農業委員會主管計畫經費處理手冊」，使用九十年代之新分類及代號。

機關名稱：國立中興大學

(單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源					合計	說明
		農委會			其他			
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
10-00	人事費	80	0	80	0		80	
11-20	工資	80	0	80	0		80	臨時僱工協助訪問調查、資料整理、統計分析等
20-00	業務費	70	0	70	0		70	
21-00	印刷	20	0	20	0		20	打字、裝訂及印刷之經費等
29-00	雜支	50	0	50	0		50	含文具、影印、郵電、照像、錄影、材料、討論餐飲費、保險費、論文發表、會議註冊費等(含校方行政管理費)
30-00	維修費	10	0	10	0		10	
32-00	養護費	10	0	10	0		10	電腦硬、軟體、調查儀器、車輛之維護
40-00	旅運費	30	0	30	0		30	
41-00	臺澎金馬地區旅費	30	0	30	0		30	會議出席及業務協調用差旅費
合計		190	0	190	0		190	



十八、關鍵詞 [(前)中(後)英文並列至少三則。]

生態系經營(ecosystem management)、生物生態模式(bio-ecological model)、社會經濟模式(social-economical model)、經營管理模式(management model)。

十九、主要參考文獻 [請依中、日、英等文獻次序列出。]

- Agren, G.I., R.E. McMurtrie, W.J. Parton, J. Pastor, and H.H. Shugart. 1991. State of the art models of production-decomposition linkages in conifer and grassland ecosystems. *Ecological Applications* 1, 118-138.
- Box, E.O. 1980. *Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography*. Junk, The Hague, The Netherlands.
- Dale, V.H. and H.M. Rauscher. 1994. Assessing impacts of climate change on forests: The state of biological modeling. *Climatic Change* 28, 65-90.
- Joyce, L.A. (ed). 1995. *Productivity of America's Forests and Climate Change*. USDA Forest Service Technical Report RM-271. US Department of Agriculture, Fort Collins, Colorado, USA.
- Joyce, L.A., J.R. Mills, L.S. Heath, A.D. McGuire, R.W. Haynes, and R.A. Birdsey. 1995. Forest sector impacts from changes in forest productivity under climate change. *Journal of Biogeography* 22, 703-713.
- Melillo, J.M., A.D. McGuire, D.W. Kicklighter, B. Moore, III, C.J. Vorosmarty, and A.L. Schloss. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature* 363, 234-240.
- Neilson, R. P. 1995. A model for predicting continental-scale vegetation distribution and water balance, *Ecol. Appl.* 5, 362-385.
- Running, S.W. and J.C. Coughlan. 1988. A general model of forest ecosystem processes for regional application. I. Hydrological balance, canopy gas exchange and primary production process. *Ecological Modelling* 42, 125-154.
- Shugart, H.H. 1984. *A Theory of Forest Dynamics*. Springer Verlag, New York.
- Shugart, H.H. and D.C. West. 1980. Forest succession models. *Bioscience* 30, 308-313.



附表一

參與計畫人力資料表

[所有列名在「九.計畫主持人」及「十.研究人員」者均應詳細查對填寫]

[參與人月請勿超過 12 人月]

	參與計畫 人員姓名	身份證 字 號	出生年 民 國	專長 領域	職級	學歷	性別	參與 人月	參與 性質
1	馮豐隆	Q100690428	42	57	1	1	1	12	1
2	林明進	M101573450	39	57	6	2	1	12	4
3	羅南璋	R122417406	62	57	6		1	12	4
4	吳昶清	U121013309	65	57	4	6	1	12	4
5	王駿穠	N123474082	67	57	4	6	1	12	4
6	張小飛	F223888251	66	2H	4	6	0	12	4
7	林紋嬪	A220026218	51	2H	4	5	0	12	4
8	童秋霞	Q220070157	60	57	4	1	0	12	4
9	黃玲媛	K220097663	64	57	4	3	0	12	4
10	陳淑芬	N222776605	67	90	4	4	0	12	4



附表二

本研究計畫主持人及共同主持人本年度及以往三年之研究計畫名稱

[請由本年度起順序往前填列。本年度計畫應包括擬向本會或其他機關申請中或已核定之計畫，同時請在備註欄內打√註明計畫主持人與該計畫之關連，1.是否為計畫主持人，2.該計畫是否已核定。]

計畫主持人：馮豐隆			備註			
年度	計畫名稱	委託機關	主持	非主持	申請中	核定
90	生態系經營管理模式之建立(2/3)	農委會	√		√	
90	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)	農委會		√	√	
90	生態系經營管理模式之建立(2/3)	農委會	√		√	
90	氣候變遷對台灣森林植生分布與生產力影響評估	國科會	√		√	
89	生態系經營管理模式之建立(1/3)	農委會	√			
89	多尺度森林地覆分類系統之建立(2/3)	農委會	√			
89	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(大山背)	農委會		√		
89	森林生態系碳吸存模式之建立與應用(1/3)	環保署	√			
88	森林生態系地理資料庫之整合與應用	國科會	√			
88	生態系經營資訊管理系統之建立	農委會	√			
88	多尺度森林地覆分類系統之建立(1/3)	農委會	√			
88	公私有林經營改善實驗區 GIS 建立與應用(石桌)	農委會		√		
88	森林碳吸存之效益評估	環保署	√			
87	關刀溪森林生態系研究—林分變遷之探討與地理資料庫建立(3)	國科會	√			



計畫主持人：馮豐隆

年度	計畫名稱	委託機關	備註			
			主持	非主持	申請中	核定
87	在生態系經營理念下永久樣區之設立與檢討	農委會	√			
87	多尺度森林資源調查分析與監測	農委會	√			
87	林業對溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估	環保署	√			



附表三

年度經費概算表

*如經費來源為本會之附屬機關者，請於（）內註明該機關簡稱。

(單位：千元)

項目		經費來源	農委會 (附屬機關簡稱)	其他	合計
全程計畫經費			190	0	190
以往撥用經費			0	0	0
本年度經費			190	0	190
期(全)程年度經費概算	89年度				0
	90年度		190	0	190
	91年度				0
	92年度				0
	年度				
	年度				



附表四

人 事 費 明 細 表

機關名稱	姓名	職稱	人事費 代碼	月支(元)	期限(月)	月支(元)*期限(月)
小計	1. 薪 俸			人		元
	2. 研究津貼			人		元
總計				人		元

註：人事費代碼請依下列填寫：

薪俸：1

研究津貼：2



附表五

新購儀器及設備明細表

[單價新台幣十萬元(含)以上儀器及設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

儀器設備名稱	中文：				
	英文：				
主要規格					
單價(元)		數量		總價(元)	
農委會 經費(元)			其他機關 配合款(元)		
購置機關			使用單位 (系課室)		
儀器設備 負責人			儀器設備 管理人員		
用途說明					
購置理由					



附表六

新購研究分析及檢測用儀器申請表

[單價新台幣 50 萬元(含)以上儀器設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

一、申請機關名稱：

單位名稱：

二、申請人姓名：

職級：

電話：

三、申請儀器（設備）名稱： 中文：

英文：

(請檢附廠商說明書及估價單)

四、主要規格及功能

1.規格：

2.功能：(請具體說明)

五、經費概算(千元)

單價：

數量：

總價：

六、本儀器（設備）之經費是否另有相對經費配合款

否 是 由(機關名稱)：

配合：

千元

七、機關內是否有性能相似的儀器（設備）(請以系、所或課、室為單位)

是 1.本件係增購，因原有儀器(設備)使用頻度太高，不敷使用。

2.本件係汰購，因原有儀器(設備)已使用 年，不敷再用。

原有儀器(設備)購置年度 年，補助單位

否

八、本儀器（設備）負責人：

1.操作本儀器（設備）之經驗（請概述）

2.儀器（設備）操作訓練計畫（請概述）

3.儀器（設備）放置地點

九、本儀器（設備）是否可共同使用（請述理由）

十、本儀器（設備）的購買與研究計畫的關係（請詳細說明必須購置之理由，及計畫結束後，本儀器（設備）可否轉移其他用途。）

十一、以上所述屬實，若有虛偽情事願意依規定受罰

購置機關：

使用單位：

申請人：

財產管理單位簽章：



附表七

資訊相關費用明細表

(計畫中有電腦相關業務費[25-00、32-00]資訊設備費[55-00]請填此表)

- 一、購置機關：
- 二、使用單位(以科、課、組、室、系為單位)：
- 三、單位內人員數：
- 四、單位內現有資訊設備：

設備名稱	數量(購用年)	說明(註明用途)
個人電腦		
筆記型個人電腦		
特殊用途個人電腦		
雷射印表機		
噴墨印表機		
點陣印表機		
大型主機系統		
伺服器		
掃瞄器		
光碟設備(CD_ROM,MO)		
區域網路		
其他		
應用軟體		
套裝軟體(系統名稱、數量)		

五、擬申購之資訊設備(含電腦資料處理、軟體與規劃設計)

預算科目	軟硬體設備名稱	數量	總價	規格、用途及需求說明

- 註：1.請依需要增加表格長度。
- 2.電腦資料處理費僅限調查之大量資料輸入或電腦影像處理之用。



附表九

計畫摘要

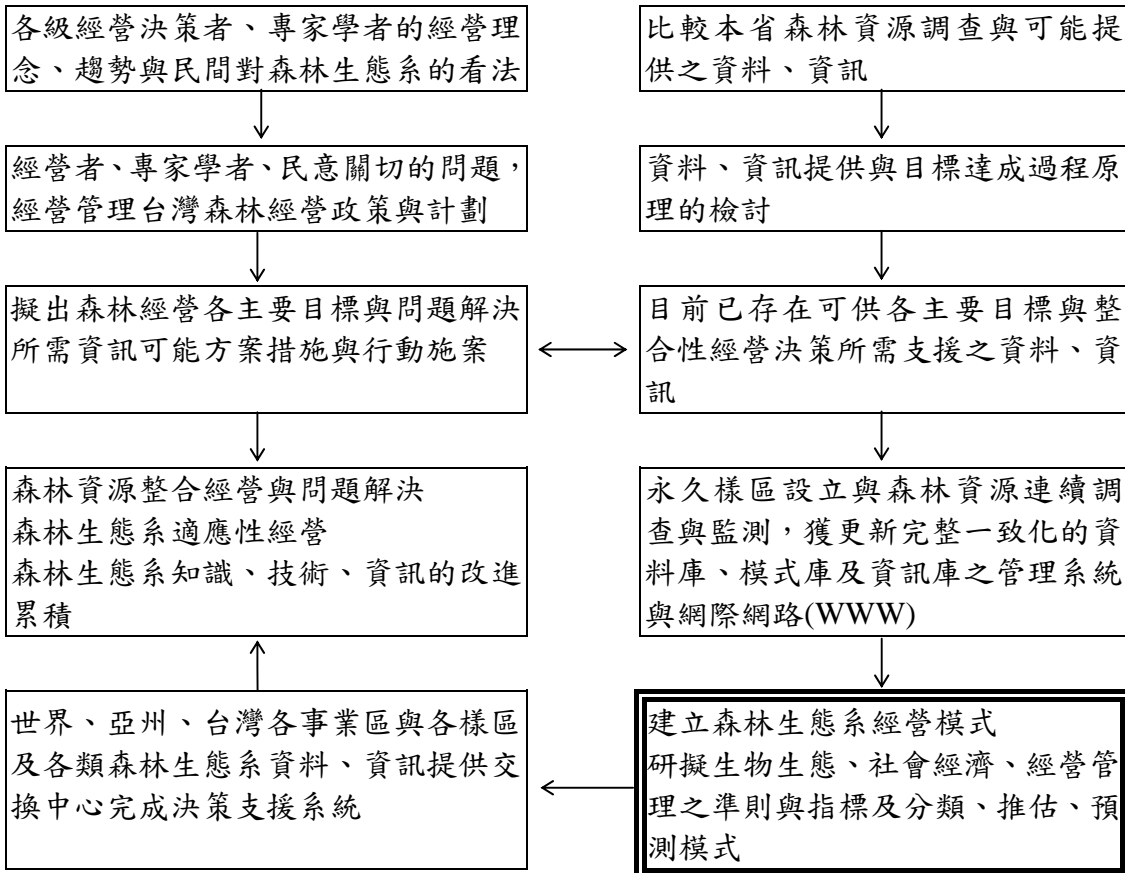
計畫名稱：生態系經營管理模式之建立(2/3)
 計畫編號： 審議編號：
 主管機關：行政院農業委員會 執行單位：國立中興大學
 計畫主持人：馮豐隆 聯絡人：馮豐隆
 聯絡電話：04-22854060 傳真號碼：04-22872027
 期程：88年7月1日至92年12月31日
 經費：(全程) 190仟元 90(年度)：190仟元
 人力預估：(全程) 45.0人年 90(年度)：10.0人年
 執行內容(中文摘要)：

計畫目標：

本年度仍承襲過去完成的研究成果，針對生態變遷模式系統的核心模式-實證模式（或稱戰術模式，tactical model）及機制模式（或稱戰略性模式，Strategic model）來探討生長收穫模式、孔隙模式(gap model) 與由單株、林分層級推估至地景、生態系層級現象、變遷的地理空間推估模式，加以探討修正以符合台灣生態系經營之生產力評估、CO2 吸存評估、物種與地景歧異度保育經營支用。

架構(重要工作項目)：

(1)重要工作



圖一 本計劃執行流程及本年度（90年度）計劃重點 (□)



生態系經營模式的建立：

包括生物生態模式、社會經濟模式與生態經營模式。空間圖層之空間分析方法與非空間屬性之統計分析方法之研擬。

(1)建立生態系經營有關生物、生態的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值的狀況、功能、變遷的模式。

(2)建立生態系經營有關社會、經濟的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值狀況、功能、變遷的模式。

(3)建立生態系經營有關經營管理措施的準則與指標，及其推算該準則、指標之性態值狀況、功能、變遷的模式。

擬分三年完成，今年仍以生物生態模式為探討對象。然而以數學模式—實證統計模式與過程機制模式及空間模式為核心之研究重點，力圖建立台灣生態系經營之模擬系統。

(2)本年度實施方法步驟：

a.繼續調查、收集、彙整各領域田野調查資料，並建立於地理資訊系統的圖層、屬性表中。

b.檢討、討論及研擬台灣全省事業區或生態系、地景、集水區、流域等經營單位之永續森林經營的準則與指標。

c.針對台灣全省、惠蓀林場、八仙山事業區保續經營之生物生態、社會經濟的指標、整理、建立各指標推算值的推估、預測、模擬之模式。

d.提供單一物種族群及多物種群叢（Community）結構、組成之生物現況推估模式。

e.以實際調查收集資料、說明、建立及使用模式，並加以測驗。

f.建立單一物種族群的個體數量或物群叢中物種歧異度與環境因子（生物與非生物生育地間）相互作用關係之功能（function）模式，可分為實證模式（或稱戰術模式，tactical model）及機制模式（或稱戰略性模式，Strategic model）來探討說明之。

g.考慮建立在時間歷程裏，單株生長、林分發展之族群動態模式，以及生態系、群叢演替、地景變遷的動態模式。

h.推展考慮族群、群叢有遷入、遷出之空間格局分布、功能與變遷的空間模式。

預期效益：

(1)整理生態模式的內涵及其在生態系經營管理上之地位。

(2)收集、整理生態模式、全省、各事業區單一物種族群、多物種群叢、生態經營之野外調查研究與生長之永久樣區資料，所建立之分類、推估、預測之模式。

(3)整合資源調查之屬性與圖籍資料。

(4)依林木、林分、地景、生態系與地形、氣候、溫度、雨量等有關因素，建立資料庫、資訊庫評估系統。

(5)利用電腦網格，將生態系經營資訊庫與網路系統結合建立。

(6)整理、研擬台灣及事業區、永續經營之原則與指標，以利監測之依循及生態系經營之進行。

(7)族群、群叢、生態系、地景等不同層級、生物生態現況、功能及變遷模式之建立，以為生態系經營管理問題的解決、正確決策之評估與選擇。

(8)生態模式系統之建立，以為科學研究之參考，生態系經營管理之應用。

英文摘要：**【請配合中文之執行內容撰寫】**

There are 3 parts in the forest ecosystem management, first is the supply sector from



bio-ecological viewpoint; second is demand sector from the viewpoint of social-economy; third is management sector in knowledge and technology. For managing efficiently in local forest, regional forest and global forest, we need to develop models in gathering the information of the status, function and change of individual tree, stand, community, ecosystem and forest landscape. There are several methods in researching CO₂ sequestration and land-use change. Those are empirical modeling, process-base modeling, bio-geophysical and bio-geochemical modeling, spatial modeling, economics modeling, and integrated model. Feasibility studies model test have to be done before application. There are essential tools for applying the process model and spatial model in Ecosystem Management under the concept of landscape ecology to do evaluation, design and planning.

農委會—II

多尺度森林地覆分類系統之建立(3)

Developing the Multi-scale Forest Land Cover Classification System(3)

行政院農業委員會主管科技計畫
九十年年度細部計畫說明書

多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3)
Developing the Multi-scale Forest Land Cover
Classification System (3/3)

國立中興大學
中華民國九十年二月



執行機構(計畫)識別碼： [10碼]

行政院農業委員會主管科技計畫

九十年年度細部計畫說明書

※以下各欄之紅色文字部分係注意事項，請先閱讀，閱畢刪除之，再開始填表。

一、計畫序號及名稱

- (一)序號： [請以序號 1. 2. 3. ……填入；倘為單一計畫，請刪除本項。]
- (二)中文名稱： 多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3)
- (三)英文名稱： Developing the Multi-scale Forest Land Cover Classification System (3/3)

二、計畫編號

- (一)國科會審議編號：
- (二)本年度計畫編號 [請於計畫通過後再填列。]
 - 中文： 多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3)
 - 英文： Developing the Multi-scale Forest Land Cover Classification System (3/3)
- (三)去年度計畫編號 [延續性計畫務必填列，如係新增計畫請註明新提計畫。]
 - 中文： 多尺度森林地覆分類系統之建立(2/3)
 - 英文： Developing the Multi-scale Forest Land Cover Classification System (2/3)

三、計畫依據 [得分段方式增加說明另外所依據之法令、方案或其他重要施政措施。]
邁向廿一世紀農業新方案。

四、計畫屬性 [請勿複選。]

- 1. 科技類
- 2. 非科技類

五、研究性質 [請勿複選。]

- 1. 基礎研究
- 2. 應用研究
- 3. 技術發展
- 4. 商品化
- 5. 其他

六、研究領域： 57 林業類

[請參照「研究領域及專長領域代碼表」填寫，請只填列乙項。]



七、執行機關與執行人 [執行機關係指細部或單一計畫之總負責機構，限填一個機關。執行人為執行機關首長。]

機關名稱	單位名稱	執行人	職稱
國立中興大學	森林系	李久先	教授兼主任

八、協辦（合作）機關 [除執行機關之外，其餘參與計畫之機關均列為協辦（合作）機關，執行人為協辦（合作）機關代表。]

機關名稱	單位名稱	執行人	職稱
國立台灣大學	森林系	陳永寬	教授

九、計畫主持人 [計畫主持人接受「行政院所屬機構」委託研究計畫總數最多以兩項為原則。]

機關名稱：國立中興大學

姓名：馮豐隆

職稱：教授

單位名稱：森林系

電話：04-22854060

傳真：04-22872027

電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十、研究人員 [計畫主持人免填入本欄。]

序號	機關名稱	單位名稱	研究人員	職稱
1.	中興大學	應用數學系	高勝助	副教授
2.	中興大學	應用數學系	顏增昌	助理教授
3.	中興大學	實驗林管理處	林明進	場長
4.	中興大學	實驗林管理處	羅南璋	組員
5.	中興大學	森林系	吳昶清	研究生
6.	中興大學	森林系	王駿穠	研究生
7.	中興大學	森林系	張小飛	研究生
8.	中興大學	森林系	林姝嬪	研究生
9.	中興大學	森林系	陳淑芬	研究助理

十一、計畫聯絡人 [為執行機關人員，負責本計畫進度控制、季報表、期中檢討及執行成果依期限內填報資料，限填乙名。]



機關名稱：國立中興大學

姓名：馮豐隆

職稱：教授

單位名稱：森林系

電話：04-22854060

傳真：04-22872027

電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十二、執行期限

全程計畫：87 年 7 月 1 日至 90 年 12 月 31 日止
本年度計畫：90 年 1 月 1 日至 90 年 12 月 31 日止

十三、實施地點

全台灣及中興大學農學院實驗林管理處惠蓀林場。

十四、計畫內容 [除預定進度用表格表示外，其他各項請用文字敘述，且各項字數請勿超過一千五百字。]

(一)已完成之重要計畫成果摘要：[延續性計畫請填列。]

近五年來針對(1)經營理念決策支援系統(2)調查、監測(3)航、遙測(4)取樣設計(5)惠蓀林場的現況、結構與變遷(6)森林、林分與生態系的現況、結構與變遷進行探討研究，目前完成十一篇文章如下：

- 1.生態系經營理念與實務作法之研究(1997，兩岸林業科技發展暨實務交流研討會)
- 2.多尺度森林資源調查與監測觀念(1999，保育中心研討會)
- 3.地理資訊系統在森林分層取樣設計上的應用(1996，指導學生碩士論文)
- 4.地理資訊系統在樣區設置上的應用(1998，中興大學實驗林研究彙刊 18(1):137-150)
- 5.林木位置製作與應用／樹冠投影圖／孔隙分布圖製作(2000，林業研究季刊 22(2):69-78)
- 6.整合 GIS 與 GPS 技術於林業製圖(1996，中興大學實驗林研究彙刊 18(1):137-150)
- 7.新化林場第二次林木資源調查與地理資料庫之建立(1997，中興大學實驗林研究彙刊 19(1):1-21)
- 8.森林生態系生育地因子空間推估與分類(2000，中華林學季刊)
- 9.應用克立金推估模式於降雨製圖(1999，台大實驗林研究報告 13(2):155-163)
- 10.台灣氣候區分類(2000，XXI IUFRO World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia)
- 11.惠蓀林場土地利用之地景排列和變遷(1997，中華林學季刊 30(4):387-400)

(二)擬解決問題：[包括背景與問題分析及計畫目的等。]

- (1)在森林資料經營與土地利用規劃使用中，我們不能不使用分類，將相似的物體歸類到某些群集內，使我們經營更方便、更易於瞭解、記憶以方便經營管理，所以需建立多尺度分類系統。



- (2)資料來源多樣性：有地面調查資料、過去已記錄之經營管理資料、不同飛航高度之航空攝影、空載多光譜掃描資料及衛星遙測資料，所以需建立多尺度資料收集系統。
- (3)多尺度資料整合：配合數位地形模型（DTM）、地面調查已有圖籍資料、造林、伐木位置等經營管理圖籍，再配合高、低空航空照片與多光譜掃描、衛星遙測等不同高度載台所獲資料之判釋分析、影像分析、空間分析後之資訊，將單株、林分、地景與生態系多尺度的資訊，依時間、地點座標整合成“森林生態系多尺度地理資訊系統”中。
- (4)利用空間統計、分類層級理論，以整合性分類法檢討完成多尺度林地分類系統及地景分析、規劃。

(三)前人研究概況：[國內外有關本計畫之研究摘述。]

實施森林生態系經營與合理的土地利用規劃，瞭解掌握當時之地面覆蓋與土地利用的分布資訊是非常重要的。而這個地覆分類圖需要靠(一)不同資料來源(二)分類系統與分析技巧來完成，有關(一)、(二)分敘如下：

(一)不同尺度資料來源

目前獲得森林生態系、經營管理資料，除了過去已有的資料外，更新及新增之資料更是不可缺乏，而這些資料來源主要包括有(1)地面資料（ground work）(2)航空遙測（airborne remote sensing）包括航空照片（aerial photos）、錄影影像（video）及多光譜掃描影像（multispectral scanning imagery）(3)衛星遙測（satellite remote sensing）。

1.地面調查資料

設立具代表性、逢機性、科學性的森林永久樣區，進行調查規劃，配合經營決策者的重視，執行調查人員的技術與敬業精神等，則可改進資料及資訊的品質，如果再配合全面或更大範圍（即族群）的資訊與持續一致的調查與分類系統，則可建成較理想的資料庫。台灣在 1989~1995 年內，花費約二億，動員數十人，進行全台灣資源調查。獲地面樣區 4,002 個航空照片樣點，位於林區內有 1,996 個，航空照片判釋樣點有 3 萬多點，土壤剖面調查資料。而當今樣區資料都已建檔，且各事業區又有土地利用型、郁閉度及材積級圖等主題圖籍資料，如何整合這些空間，非空間資料為一易於查詢的資料庫系統，使各及林分樹種組成、林分結構、林分蓄積，甚至樣區內之樣區之樣木位置圖與樣木的樹種別、胸徑、樹高等調查資料，皆可容易查出，更而檢討各樹種、林分、林型、景觀種類與地理位置、坡度、坡向、海拔高等環境因子，及其他生物間種類、數量、大小的關連，以為建立全台灣永久樣區長期觀察之參考及生態系經營資訊之依據。另外，經營測計與生態方面的研究、樣區的設立與調查資料、經營管理的造林台帳、伐木台帳、工程建造之竣工圖，皆是很珍貴的地面資料。

2.航空遙測資料

航空遙測即利用高、低空飛機、氣艇、氣球等載台，進行地面航空照片（aerial photos）、錄影影像（video）與光譜掃描影像的資料收集。

a.航空照片—

全面或更大範圍的資料，則需由航空遙測或衛星遙測來掌握，否則“只緣身在此山中，不知廬山真面目”。然過去在航空測計上，尚有許多缺失，如航空照片更新速度跟不上地景的改變速度，且由航空照片，人為判釋技巧



往往需具有許多經驗，精度才能提高，且各專家間亦常常有許多出入，尤其在沒有涵蓋所有土地利用型、林型之航空照片之分類對照圖，及更新完整的空中材積表，或各種樹冠屬性（即樹冠鬱閉情形、結構、組織、狀況等資料以利與地面量測變數建立相關函數），地景等科學化指標，可以進行自動監視判釋，則數位化航空照片較能發揮其精度效果。

由於過去台灣的航空照片大部分還是黑白且沒有較準確的定位座標之標示，以致要利用光譜（spectral）或空間（spatial）因素來發展自動化判釋分析，更而自動植入地理資訊系統中則有困難。若要利用過去航空照片，目前只能就人為針對形狀、大小、色澤、色調、陰影、組織排列等加以判釋。有了該地地理資訊系統設立配合永久樣區規劃統計，則可利用不同高度的航空遙測資料進行多尺度取樣之數位相機調查資料組合，以方便未來有關森林生態系性態值的推估、預測與土地利用型圖、林型圖、林木活力分布圖、崩塌地、濫墾地分布圖、空地分布圖等不同解析度、不同主題圖之製作。

b. 錄影影像—

將具有 GPS 座標、時間，架設於輕航機或遙控飛機／直昇機／觀察家 EM 初號機上的錄影機，可以很快速、很機動地獲得較大範圍的資料，且以幾乎及時且大家熟悉的畫面展現，更可分析各種彩色畫面的光譜與空間，以及物理、生物因子間關係，其結果可以(a)驗證由其他方法所獲得的資訊，如土地利用型、植生分布圖、森林、河流間的關係變化。(b)動態影像資料易於引起大家的興趣，可提供公共參與及經營管理決策，更實際的資訊。(c)可提供經營者所需資訊，如倒木狀況、每公頃枯木數量、甚而森林健康狀況、生產活力、野生動物棲息環境的掌握、地面調查設計、經營管理作業規劃上。(d)監測計劃擬定、執行以及地面樣區的管理。(e)結合於地理資訊系統中，由疊圖、比對、瞭解、模擬、預測各種變遷。(f)可以做目標計劃之結果推估，使用圖形表示，更而透過網路展示單株、林分或地景層次狀況。凡此種種皆可以說明錄影帶在未來森林生態系經營、適應經營管理上，皆具有相當的潛能。

c. 光譜掃描影像—

在航空遙測與衛星遙測上，常利用空中掃描儀所產生之瞬析視野（Instantaneous Field of View, IFOV）以決定解析度，再依地面物體的反射能或輻射能之特性，收集地面資料或影像照片，經數位化後儲存於高密度磁帶（HDDT）上，再經轉換成為一般電腦用磁片及光碟片，目前在台灣飛機載設的光譜掃描儀其帶數有 11 帶，未來也可與衛星同，可達 30 個光譜掃描帶。

3. 衛星遙測

衛星軌道一定，掃描、照攝的角度、範圍固定，再加以 A. 大氣條件（atmospheric conditions）不同；B. 儀器光譜調度（instrument calibration）不易；C. 波段選擇（waveband width selection）不一，且解析度與影像分析技巧上的種種限制，由於衛星影像分析效果精確度的不足，而導致同樣時間、地點的衛星影像資料，其分析結果迥異等缺點。但在"未來世紀的衛星資訊（Landsatelliet Information Next Decade）"報告指出的陸地衛星解析度可達到 1 公尺，如現已商品化的 IKONOS，將可解決一些限制。但固定掃描、照攝的角度、軌道一定，配合其它資源工具與分析，將可使衛星影像資料更據實用。目前大地衛星



(Landsat 5) 有 7 個光譜掃描帶，1998 年發射的 Landsat 7 則內有 30 個光譜掃描帶，但飛射失敗。

(二)分類系統

有了資料，要讓不同的來源資料能成為政策擬定，經營管理、科學進展的資訊依據，則必須靠分類技術配合分類系統使資料成為資訊。

土地、地覆與資源分類有三個基本目的：(1)政策形成所需的資訊提供；(2)提供土地經營所需資訊；(3)土地經營者之內及之間的定位 (coordination)。前(1)(2)項用層級式 (hierarchical) 分類系統即可，第(3)項則在標準分類上有強烈的爭議 (Frayer, Daris and Risser 1978)。

許多不同的分類方法被研發且應用於地方尺度 (local scale)、區域尺度 (regional scale) 與全球尺度 (global scale) 分類上。分類方法 (taxonomic approach) 一般皆將具類似性質的區域歸類成相同群，在區劃方法 (regionalization approach) 下，將土地劃分成以空間格局 (spatial patterns) 為基礎的自然單位，這些歸群影響資源使用與自然過程。所以適當的系統即依此需要的資訊種類而定。

在最佳分類系統上做決策是土地經營者所要面對的最大挑戰。最明顯的困難是有那麼多具不同尺度、不同解析度系統，每一種森林有關的領域皆有許多不同的分類方式，每一個土地經營單位亦皆有許多分類系統。每一個地理區有不同的使用方式，也使用不同的分類方式來區分，即使相同的圖徵，有時也由不同名詞來描述且有些名詞有許多不同的意義。一般分類的用語必須包括專有名詞和定義。以述說土地與資源分類的重要方法，且必須澄清專有名詞、觀念、方法、尺度和應用上的混淆。

1930 美國聯邦政府開始對某一資源做資源調查、瞭解其範圍和其發展的計畫。1950 年代後期，則認為採用單一資源分類，應用太有限了！主要是因為缺乏一個一致和整合的分類系統，同時，土地經營者也意識到生態系具有整合與多尺度的性質亦認為資料的品質、空間格局和歸類在資源評估上非常重要。這種改變有許多理由，其中之一為對環境品質的重視，其二認為各土地單元具多種資源的價值，其三為資源、物理徵象和整體環境是緊密相關連的 (Bailey, Pfister and Henderson 1978)。最近土地和資源分類的目標則擴展至提供物理徵象、資源的分布和其間交互作用的性質的必要資訊。現在要問的問題是"那些方法可以應用到複雜和具交互作用的地景上"？以下針對分類上有關問題，加以比較說明：

1. 單一分類因子 / 多分類因子比較

若要更自然、更有用的話，分類系統一定要基於許多性態值，但當使用時，只有那些知道有影響的因子才能選擇且加以權重，但是採取更多權重時，人工分級的影響就更大。

2. 單一層分類與層級式分類 (Single level vs. Hierarchical classification)

土地規劃者，對層級式的分類有相當的關注。層級式分類對不同層級規劃上有很大的使用價值。層級式形成物件順序的級等，所以其間的關係可以知道，每一個高階等是由其下階等彙集而成，每一階等是與其他階等是互相排斥的 (mutually excessive)。假如知道某一階等是在某一層級系統的某一層級，那麼使用者，即知道位在其上的其他階等。如系列 (series) / 棲息地型 (habitat types) / 類型 (phases)。倘若可以確實地分類辨別到層級的最低階，則該資料可以重新歸群到供不同目的的不同層級系統內。譬如：棲息地型或類型。

Baileys(1976)繪製的 1:7,500,000 生態區圖 (ecoregion map) 即是以層級構造建立而成，最小的地圖單元是由大範圍內分出的細分項 (subdivision)，所以在較大單元裏不須以最小單元直接加以比較，而由更上層級比較即可。

3.彙集 (Aggregation) 與細分 (Subdivision)

分類可由彙集或細分來建立。彙集：即將個體依相似性，將其歸類到某等級裏，相反的細分是將全體 (或陸域) 分成許多小小單元及一般規劃。分類學 (Taxonomies) 是基於彙集，而區劃 (regionalization) 是基於細分。

4.土地與資源分類方法 (Approaches to Land and Resource Classification)

(1)立地分類 (Classification of Sites) — 分類 (Taxonomic)

以相似的多種性態值將物件 (立地) 歸類至定好的級等內 (如圖 1)，新物件則可由簡單等級的性態值來加以辨認。

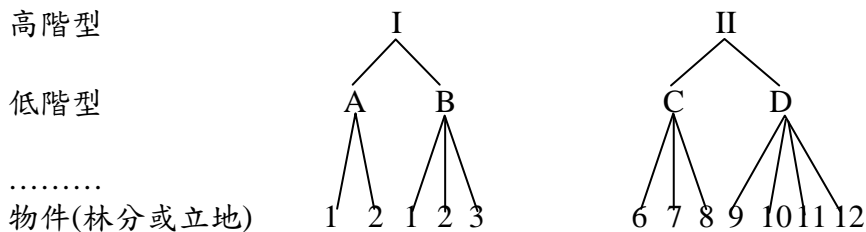


圖 1 由相似物件歸類發展分類系統，二個型的分類系統由不同性態值歸群，可得到不同的層級系統 (Baileys, Pfister, Henderson 1978)

應用適當的等級名稱 (如早期定義為分辨) 予地上每一個立地。地圖可以顯示分類級等的地理分布，地圖的形態與比例尺是依照經營者決定，而這些圖的尺度一般是大大於重新區劃者來得大 (如圖 2)。

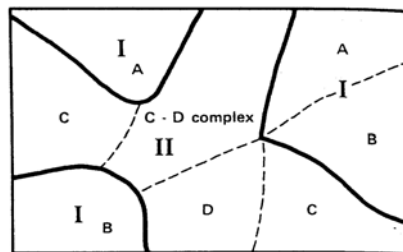


圖 2 使用圖 1 分類系統所建的分類主題圖

廣為使用於土地經營的三種方法：(Baileys, Pfister, Henderson 1978)

a.土壤分類 (Soil Taxonomy)：由一系列連續漸近步驟建造而成，其分類的單位為製圖單位定義命名的依據，可以解釋土壤與發展有用因子間的自然關係。這分類項是由觀念且以目前知識所允許的精確來決定。

b.生育地型 (Habitat Types)：由 Daubenmires(1952; 1968)所發展美西標準分類方法，目前已應用於美西至少一半以上的林地劃分上。此法是基於個別立地和取樣林分的性態值考量，用一"關鍵"提供形態判釋，此等級可以如土壤圖製作一樣的步驟。

c.潛在自然植生 (Potential Natural Vegetation)：廣用於土地與資源的應用上，只是在尺度、面積、覆蓋和定義的程度不同。此系統以國家為基礎，但缺乏分類系統的理想屬性。只是基於一些不是定義很精確的性態值，所以不易應用於辨認過程，然而其是唯一應用於分層的地圖上以評估全國土地、植生生產的潛能。

(2)資源的分類 (Classification of Resources) – 分類 (Taxonomic)

幾乎所有的資源，都被分類過一次以上且被分類成許多方式，當然這種過程和一般分類順序一樣，如 Gilmour(1951)所說：每種分類工作皆是以其目的、依等價值，分別建造而成。

我們要強調這個觀念，認為資源與其他資源間的相互作用，都很複雜，以致於不易組合於一相同分類系統上。每一個分類案，都以其內在性態值和社會價值和社會使用的內容而定，各自獨立分類不同資源，然再客觀地比較以探討其交互作用。

(3)地景分類 (Classification of Landscape) – 區劃 (regionalization)

地區重劃是製圖過程的基礎，且一般是可細分 (如圖 3)，某地景區塊被認為某種程度的內在均勻性，有別於其鄰近區域。這個方法包括：

- a. 定義使用的原則
- b. 應用此原則到地景上且將其邊界繪出
- c. 由現場檢視其原則與邊界線
- d. 準備各階等的描述(製圖單元或地區)包括綜論基本性態值的變異

這個分類可以用來評估地景到達其他目標，雖然此特別方法可能不相似，但這方法不能被認為有關土地的新方法，因為在很早以前人類即以均勻相單元來劃分地球表面。以下圖 3，即以樹層層級區劃方法繪製過程。

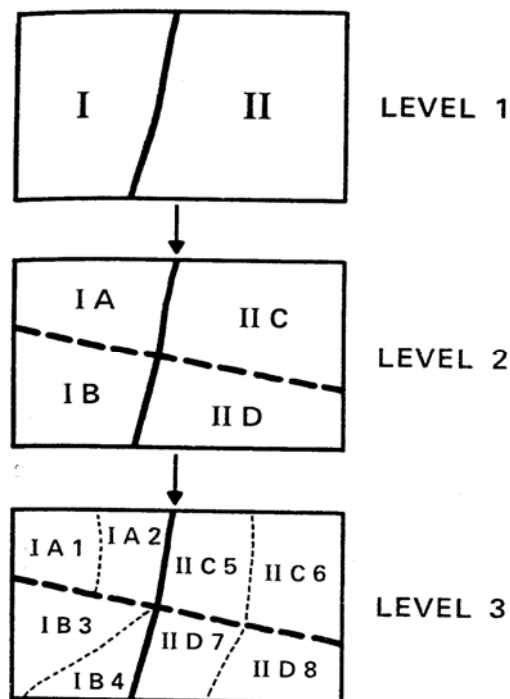


圖 3 以樹層層級之區劃 (細分) 方法所繪製之地圖

Odum(1971)以巨觀 (microscope) 方式表示，使吾人可以看到詳細收集的一般性事務。區劃 (regionalization) 提供考慮某一大範圍內，小地方經營問題的巨觀。在地理、地區觀念下，全世界可以區分成基於氣象、地形、植物的自然區域，在其他科學領域的工作者，更思考著世界可由簡單和更基本的單一圖徵區域 (如植物、動物或象候) 所組成。

生態區的區劃，一般以氣象、植物區較動物族群區來得重要，目前生態區大都以植物為地覆劃分之，其實配合環境因子如氣候、土壤、地形則更為理



想。極盛相植物物型如森林、草原、沙漠與其相關的植群則構成生物 (biome or biome type) (Clements & Shelford 1939)。

5.分類方法的整合 (Integration of Classification approaches)

很清楚地，自然資源經營使用分類系統 (taxonomic classification)、辨認 (identification)、製圖 (mapping) 和區域劃分 (regionalization)。每一項工作都很重要，因為他們分別提供不同的方法和資訊。分類系統 (Taxonomic classification) 為依地點，當辨認、製圖和區域劃分亦是依地點或依物件而定，但其分別提供不同的方案去處理相同的資源。

最佳的分類方法是整合系統，選擇符合特殊規劃，工作需求的各別分類系統。規劃者選擇能提供問題最佳解答的層級階等，然後再整合資訊。

最近 30 年來電腦和分群排序的技術廣泛應用於分類中。這些技術改變了分類原則也改變了分類的實務，電腦有用，但是 Williams(1967)懷疑數量分類 (numerical classification) 的客觀性，他建議宜注意數量分類是假說產生系統 (hypothesis-generating systems) 而非測驗假說 (testing of hypothesis)，在發展有用的分類過程做最後分析時，"判斷" (judgment) 是非常重要的！

在資源、立地和地景分類中，使用著數量分類，某些是單因子，有些是多因子，有些是大尺度，有些是小尺度，舊系統被丟卻，新系統又產生。評估資源和土地經營問題使得分類的資訊成為不可缺，這需要分類者與規劃者間不斷的相互討論。當規劃改變，則需要有不同分類，我們希望已存在的知識不要被棄卻。分類提供精準的原則和修改的機會，也將由時間來驗證。可是當原始的原則，沒有詳加記載說明時，要做修正是很困難的，鬆散不嚴謹的分類將被取代。

自然世界是這麼樣的複雜而浩大，在經營土地和自然資源中，我們不可能不使用分類，將相似的物體歸類到某些階級內，則我們可以使經營更一般化，又可以減少命名物件的數量，使我們更易於瞭解與記憶，更方便處理。

目前已有很多土地使用與土地被覆分類體系被廣泛應用，有 USGS 分類系統、SLUC 分類系統。

1.USGS 分類系統

為資源導向之分類系統。第一級十類中有八類關係到非都會或非建築類，此系統主要依照不同尺度及解像度的遙測資料解釋能力而設計，而不易依據現場蒐集資料 (Anderson, 1976)。Anderson *et al.* (1976)所發展之系統，是建立分類系統之依據，此一系統以通用的類別作為設計的準則。

2.SLUC 分類系統

SLUC (Standard Land Use Coding Manual) 為土地被覆活動 (即土地利用) 導向且依現場觀察獲得特定土地覆蓋的資訊，甚至詳細至建築的內容。使用遙測判釋土地被覆再加上準確但非常昂貴之實地土地利用及森林被覆資訊調查的資料而建立。

3.濕地分類系統

表 1 列出四級土地使用/土地被覆分類系統，其代表性影像判讀格式。第一級係設計使用甚小比例尺的影像，例如大地衛星影像。第二級係設計使用小比例尺的航空照片，最普遍使用的影像種類，是高空飛機的彩色紅外線像片。表 1 所示之一般關係，並不限使用一定之比例尺，不管原來的影像，本宜使用大地衛星，以便有效和經濟的蒐集大地區的資訊，亦可由中等的比例尺像片判讀獲得，或由編輯地面調查資料而得到。相反的，第二級的種類，也可由大地衛星資料的準確判讀，獲得一些資訊。第三級的製圖，除了從中比例尺航空照片得到的資料



以外，並必須取得很豐富的地面補充資訊。同樣的，第四級的製圖，除了由大比例尺航空像片得到資訊外，也必須取得大量的地面調查為補充資訊（Anderson *et al.* 1976 及 Jensen, 1983）。

早期的遙測影像只能達到分類體系中第一級（Level I）的標準，粗略的看出土地分類的情形；Kalenky *et al.* (1975)偵測針葉樹、闊葉樹及無林地分類之精確度，若僅用單期影像，其精確度為 67%至 81%，若用多期影像精確度在 80%在上；Dodge *et al.* (1980)在 New-Hemisphere 州以地面實際資料為依據，將針闊混濬林作分類。Schreuder(1995)採用 1982-1986 年之 Landsat MSS 影像、大比例尺與小比例尺彩色紅外光之航空照及地面調查四層資料進行取樣調查，其對林相單純之造林地比對林相複雜地區有較佳的分類結果。在此研究中 Landsat TM 影像可達分類體系中之第一、二級，小比例尺航照可達三級，大比例尺航照則可達第四級之分類標準。

表 1 各級土地利用/土地被覆分類之代表性影像判讀格式（Anderson *et al.* 1976 及 Jensen, 1986）

土地使用/土地被覆分類層次	影像判讀代表格式
第一級	大地衛星
第二級	小比例尺航空照片
第三級	中比例尺航空照片
第四級	大比例尺航空照片

表 2 各級影像判讀中，土地利用/土地被覆單元的最小面積（Anderson *et al.* 1976 及 Jensen, 1986）

影像判讀層次	代表地圖編輯比例尺	概約最小製圖面積
第一級（大地衛星）	1：500,000	150 公頃
第二級（小比例尺航空照片）	1：62,500	2.50 公頃
第三級（中比例尺航空照片）	1：24,000	0.35 公頃

台灣目前有我們自己可由航空照判釋之分類系統：

一般資源調查、測計的地覆來源以航測像片，配合地面勘查而加以分類，且一般以第三次資源調查利用者之土地利用型分類為主。第三次全台灣森林資源及土地利用調查裏，將土地利用型分成以0為首代號的天然林18類，以1為首代號的人工林25類，以6為首的果園、草地等18類，以7為首代號的道路、建築10類，以9為首代號的裸露地共74類。而一般生態調查以地面調查為主更將天然林、天闊純、天闊混、天葉闊混等分成各種不同群叢、航照片、空載多光譜掃描、錄影帶或數化相機所獲得的資料，如何製圖、分類？其間的關係？皆宜深入探討。

目前吾人宜將現有經營記錄、測計、生態的調查研究有關的資料，予以整合建檔於地理資訊系統中，再配合具高更新力、範圍寬廣資料來源的遙航測資料，使遙航測判釋分析能力加強、精確度更提高、地覆分類工作更自動化更準確化。

然而完成的多尺度林地分類系統，最主要是利用其可進行地景分析及林地使用規劃、森林經營計畫，使森林在有效的安排、規劃、經營管理下，完成健康、生產力提升及歧異度維護的永續經營。

(四)計畫目標 [預期完成之工作項目及具體成果。]



1. 全程目標：[二年以上至六年以下之中程計畫等延續性計畫請填列總計畫目標及分年度工作計畫目標，如屬單一年度計畫，請填本年度目標即可。]

(1) 總目標：

- ① 整理目前世界已存在且依各種目的的森林地覆分類系統，可由林木種類、林分的樹種組成、林分結構、坡度、坡向、海拔高以及導出環境因子。
- ② 整理全台灣、惠蓀林場目前已有的空間圖層及非空間屬性資料庫。
- ③ 收集、購置、探討區域(如全台灣、惠蓀林場、八仙山事業區、埔里事業區等)的經營記錄、調查記錄簿等過去研究調查記錄簿，予以整理、建檔、儲存成經營資訊系統(Management Information System, MIS)。
- ④ 購置以地面調查記錄約同時之航空照片、空照、衛星資料。
- ⑤ 進行航空照片掃描資料的判釋、影像處理、空間分析與光譜分析。
- ⑥ 將經營記載、調查記錄應用在系統比對下建立森林地覆分類對照表。
- ⑦ 以 MIS 資料檢討、修正地覆分類系統。
- ⑧ 建立多尺度自動化地覆處理分類系統。
- ⑨ 以地景規劃，進行惠蓀林場林地分類。

(2) 分年度工作目標：[請以期(全)程分年度(如 89 年度)，分段摘要敘述。]

88 年(第一年)：

- ① 整理目前世界已存在且依各種目的的森林地覆分類系統，可由林木種類、林分的樹種組成、林分結構、坡度、坡向、海拔高以及導出環境因子。
- ② 整理惠蓀林場目前已有的空間圖層及非空間屬性資料庫。
- ③ 收集、購置、探討區域(如惠蓀林場、八仙山林場等)經營記錄、調查記錄簿等過去研究調查記錄簿，予以整理、建檔、儲存成經營資訊系統。

89 年(第二年)：

- ① 購置與地面調查記錄約同時之航空照片、空照、多光譜掃描資料、衛星光譜資料、空間資料。
- ② 規劃與進行遙控直昇機／固定翼飛機的低空攝影、錄影。
- ③ 進行數位航空照片掃描資料與錄影影像的抓取、判釋、影像處理、嵌合與空間分析。
- ④ 建立、修正、改進對航照片、錄影帶、衛星影像等空間資料，再加以分類至最細類目。

90 年(第三年)：

- ① 將經營記載、調查記錄等地真資料應用在此系統比對下，建立對照表或關係模式以方便面的推估。
- ② 以經營資訊管理系統(MIS)資料檢討、修正地覆分類系統。
- ③ 建立多尺度自動化地覆處理分類系統，及地景規劃惠蓀林場林地分類。

2. 本年度目標：[請詳述。]

依氣象、雨量、溫度、土壤等生育地因子及群集分析，完成：

- (1) 建立整合性多尺度森林生態資料庫，多尺度包括單株、林分、地景與生態系層級。



- (2)完成多尺度生態分區，並在其分區下進行生態系、地景、林分與林木組成與結構分析。
- (3)探討 1999.9.21 地震前後之惠蓀林場崩塌地分布及土地利用變化狀況。
- (4)依地景規劃(landscape planning)及數學規劃方法，進行惠蓀林場林地分類及森林經營規劃。

(五)重要工作項目及實施方法：[請列述完成各項工作的主要方法及步驟，包括採用方法、預計可能遭遇之困難、解決途徑、重要儀器及設備之配合使用情形。]

1、重要工作項目：

- ①繼續收集惠蓀林場的不同尺度、DTM、地形、氣象、土壤等資料以及經營記錄(如造林台帳、伐木台帳等)及第二、第三次資源調查等調查記錄簿等及過去生長收穫及生態方面研究調查記錄簿，即整理、定位、建檔、儲存惠蓀林場及其附近事業區，目前已有的空間圖層及非空間屬性資料庫成經營資訊系統。
- ②規劃、收集惠蓀林場 1997~2000 年間有關地覆拍攝、掃描的資料，並進行數化資料處理。
- ③購置與收集地面調查記錄約同時之航空照片、空照、多光譜掃描資料、衛星光譜資料、空間資料。
- ④進行數位錄影資料的擷取、剪輯、接合與航空照片掃描資料的判釋、影像處理與空間分析。
- ⑤建立、整合、改進數位航照與錄影、衛星影像等空間資料間系統的建立，以結合不同分類系統，使涵蓋最細類目至高層級項目。

2、方法：

- (1)先收集惠蓀林場 7,600ha 範圍，生長收穫等經營研究及生態研究之地面調查資料，並將樣區予定位以建入 GIS 圖籍及非空間屬性資料的建立，成為單株、林分、地景等多層級經營管理資訊系統(MIS)的核心。
- (2)收集、購置航測等遙測資料，並進行影像、空間處理分析，探討 1999.9.21 地震前後崩塌地分布及惠蓀林場土地利用變遷分析。
- (3)以 MIS 資料、DTM 配合航測、航遙測資料之地覆判釋、空間、光譜分析，以獲各層級、尺度的森林地覆圖。
- (4)將地面調查研究的資料予恢復，並定位其樣區，以空間分析如空間推估、套疊等功能及統計分析進行林木、林分、地景、生態系各層級種類關係系統。
- (5)結合 1/5000 數位像片基本圖、地面資料建立之土地及資源(地覆)分類系統，與由目前已有遙航測資料所建立分類系統。
- (6)整理土地及森林資源分類系統與準則，依目標擬定建立多尺度森林地覆分類層級系統。
- (7)森林地覆分類系統建立且驗證於惠蓀林場。
- (8)依地景規劃及數學規劃方法，進行惠蓀林場林地分類及森林經營規劃。

(六)預定進度：[如有兩個以上機關共同執行本計畫，應填列綜合進度，並注意重要工作項目應與(五)所列舉者及評估指標互相配合，工作比重總和應等於 100%。]



重要工作項目	工作比重 %	預定進度	90 年				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
一、建立森林生態系多尺度資料庫	15	工作量或內容	規劃	發展	完成		
		累計百分比	40	70	100	100	
二、收集數化校正惠蓀林場地震前後資料	15	工作量或內容	收集數化	校正			
		累計百分比	50	100	100	100	
三、分析地震地景變遷	15	工作量或內容		判釋	變遷分析		
		累計百分比		70	100	100	
四、多尺度林地分類建立	15	工作量或內容	建立	檢討	測試		
		累計百分比	40	60	100	100	
五、林木、林分、地景、生態系之組成與結構分析	20	工作量或內容		分析	模式建立	檢測	
		累計百分比		50	80	100	
六、惠蓀林場林地分類及森林經營規劃	20	工作量或內容	方法研擬	整合資訊	完成分類	規劃	
		累計百分比	30	60	80	100	
累計總進度	百分比		25.5	67.0	92.0	100.0	

(七)預期效益及評估指標：[計畫執行效益及指標，請配合年度目標儘量數量化，以顯示計畫績效，並作為管考查證之依據。]

1.預期效益：

- (1)造林位置圖、伐木地分布圖嵌入林班圖，過去研究區定位問題。
- (2)利用衛星定位系統完成造林台帳圖、伐木台帳圖與過去生長收穫等經營及生態方面樣區之定位工作，以利建檔入 GIS 中。
- (3)利用數位模型資料完成坡度、坡向、海拔高、累積日照量、水分梯度、有效積溫之推估。
- (4)利用空間推估方法進行生育地因子現況與功能描述與推導。
- (5)建立惠蓀林場林木、林分、地景、生態系等多尺度經營資訊系統 (MIS)。
- (6)921 地震前後惠蓀林場地況、林況。
- (7)錄影、攝影資料處理。



(8)資料來源尺度、等級與層級分類系統間關係的研擬，建立多尺度地景規劃與林地分類。

2.評估指標：**[必須與(六)預定進度表中重要工作項目進度相對照。]**

- (1)全台灣及惠蓀林場由 DTM 分析之坡度、坡向、等高線圖、921 崩塌位置圖、植生潛能分布圖、土地利用型圖、氣象區分布圖。
- (2)資源調查地面樣區、地面研究樣區定位及其分布與屬性之建檔。
- (3)完成林木、林分、地景、生態系多尺度生態資料庫。
- (4)資料來源、尺度、等級與分類層級系統關係表，建立多尺度林地分類。
- (5)林木、林分、地景、生態系組成與結構分析。
- (6)惠蓀林場地景規劃林地分類及森林經營規劃。

十五、過去三個年度之計畫結束報告是否已提送 **[延續性計畫務必填列。]**

89	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：)
88	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：)
87	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明：)

十六、計畫經費分類 **[計畫經費分類有補助費、委辦費及自辦經費，預設為委辦費。]**
(單位：千元)

經費類別	經常門	資本門	合計
委辦費	1,150	0	1,150

十七、預算細目

***預算科目分類及代號請依據「行政院農業委員會主管計畫經費處理手冊」，使用九十年代之新分類及代號。**

機關名稱： 國立中興大學森林系-馮豐隆 (單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源					合計	說明
		農委會			其他			
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
10-00	人事費	392	0	392	0		392	



機關名稱： 國立中興大學森林系-馮豐隆

(單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源					合計	說明
		農委會			其他			
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
11-20	工資	300		300			300	野外調查 1,500 元/工*160 工=240,000 元；資料整理、建檔、統計分析、程式設計；1000 元/工*60 工= 60,000 元
12-10	研究津貼	72		72			72	3,000 元*2 人*12=72,000 元
12-20	酬勞費	20		20			20	專題演講、審查稿費、翻譯、稿費
20-00	業務費	636	0	636	0		636	
21-00	印刷	20		20			20	資料影印、報告、表格印刷
23-00	油料	10		10			10	旅運用
25-00	電腦軟體費用	400		400			400	作業系統、網路、GIS、IMS、SDE、DBMS、統計等軟體
28-00	材料費	70		70			70	噴漆、鋁片、釘子、色帶、航空照片、衛星影像、像片基本圖、A4 紙、3 1/2" 磁片、光碟片、MO、電子材料、甲醇、石腊等化學藥品、木材
29-00	雜支	136		136			136	文具、郵電、照片沖洗、紙張、會議餐、電話費、參觀考察門費和惜別晚宴等、租用簡報設備旅行平安保險費及(含伍萬元行政管理費)
30-00	維修費	50	0	50	0		50	
32-00	養護費	50	0	50	0		50	冷氣、電腦軟、硬體、調查工具、儀器、汽、機車之維護
40-00	旅運費	72	0	72	0		72	



機關名稱： 國立中興大學森林系-馮豐隆

(單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源					合計	說明
		農委會			其他			
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
41-00	臺澎金馬地區旅費	72		72			72	野外調查、業務聯繫、論文發表 1,200 元/日*15 日/人*4 人=72,000 元
合計		1,150	0	1,150	0		1,150	

十八、關鍵詞 [(前)中(後)英文並列至少三則。]

多尺度資料庫(Multi-scale Georeferenced DBMS)、地景生態學(Landscape ecology)、林地分類(land classification)、地景規劃(landscape planning)。

十九、主要參考文獻 [請依中、日、英等文獻次序列出。]

肖篤寧、布仁倉、李秀珍，1997，生態空間理論與景觀異質性，生態學報，17(5):453-461 頁。

高堅泰、馮豐隆，1999，台灣生態環境資料庫查詢及應用於 WWW，台灣林業，25(5)：36-45 頁。

高義盛、馮豐隆，2000，準則和指標：談加拿大的永續經營的量測，台灣林業，26(2)：50-61 頁。

許榮章、馮豐隆，1994，地理資訊系統應用於木荷生育地因子之探討，興大實驗林研究報告，16(1):133-156 頁。

陳英彥、馮豐隆，1994，地理資訊系統應用於水源涵養林經營資料庫之建立與造林樹種之選擇，遙感探測，20：29-53 頁。

陳晁峰、馮豐隆，1995，空測資料收集與資訊管理系統，遙感探測，22：39-52 頁。

馮豐隆，1995，生物與生態監測，臺灣林業，21(9):12-18 頁。

馮豐隆，1995，整合林業林學資料庫的建立，臺灣林業，21(10)：12-19 頁。

馮豐隆，2000，森林與氣候變遷，氣候變化綱要公約，24：8-11 頁。

馮豐隆、李宣德，2000，林木位置圖之製作與應用，林業研究季刊，22(2)：69-78 頁。

馮豐隆、林子玉，1994，天然林樹種組成與林分結構分析技術改進之研究，興大實驗林研究報告，16(2)：143-162 頁。

馮豐隆、林子玉、黃志成、陳志賢、陳英彥、林明進，1997，新化林場第二次林木資源調查與地理資料庫之建立，中興大學實驗林研究彙刊，19(1)：1-21 頁。

馮豐隆、高堅泰，1999，應用克立金推估模式於降雨製圖，台大實驗林研究報告，13(2)：155-163 頁。

馮豐隆、高義盛，2000，臺灣森林生態系經營的準則和指標之研擬，林業研究季刊，22(1)：79-90 頁。

馮豐隆、黃志成，1994，全球衛星定位系統在永久樣區定位之研究，中華林學季刊，27(2)：69-86 頁。

馮豐隆、黃志成，1996，整合 GIS 與 GPS 技術於林業製圖，中興大學實驗林研究彙刊，18(1)：137-150 頁。



- 馮豐隆、黃志成，1997，空間模式應用於林分結構母數推估之研究，中興大學實驗林研究彙刊，19(2)：57-75 頁。
- 馮豐隆、黃志成，1997，惠蓀林場土地利用之地景排列和變遷，中華林學季刊，30(4)：387-400 頁。
- 馮豐隆、黃志成、蔡政弘、高堅泰、陳淑芬，1997，中興大學實驗林地理資訊系統之建立與應用(三)，興大森林系研究報告、87 農建-8.1-林-04(4-3)、87 科技-1.7-林-06(4-6)，146 頁。
- 馮豐隆、楊正澤、蔡尚惠，1998，以東北角海岸國家風景特定區之植生與昆蟲為例探討整合性森林資源調查與監測，農林學報，47(3)：67-87 頁。
- 馮豐隆、蔡政弘，1998，地理資訊系統在樣區設置上之應用，中興大學實驗林研究彙刊，20(1)：81-99 頁。
- 馮豐隆、蔡政弘，2000，地理資訊系統在森林分層取樣設計上之應用，中華林學季刊，33(4)：485-503 頁。
- 馮豐隆、羅紹麟、陳英彥、許榮章、黃志成、林明進、陳志賢、紀素榕，1994，中興大學實驗林地理資訊系統之建立與應用(一)，興大森林系研究報告、83 農建.1-林-10(4)。
- 黃志成、馮豐隆，1998，淺論地景生態學，台灣林業，24(4)：37-49 頁。
- 楊曼蕾，1996，三種尺度遙測影像於惠蓀林地被覆系統之建立，中興大學農學院森林學系碩士論文。
- 楊榮啟、馮豐隆，1999，森林資源經營管理所需資訊之取得儲存與運用，台灣林業，25(3)：22-25 頁。
- 蔡尚惠、馮豐隆，1999，生態歧異度及其求算方法之分類，中國生物，42(1)：65-83 頁。
- 蔡尚惠、楊正澤、馮豐隆，1998，吊網應用於東北角海岸國家風景特定區之昆蟲資源調查與監測，中興大學實驗林研究彙刊，20(2)：51-64 頁。
- Bailey, R. G. 1976. Ecoregions of the United States [map]. USDA For. Serv., Intermountain Region, Ogden, Utah.
- Bailey, R. G. 1996. Ecosystem Geography. USDA Forest Service. 204pp.
- Bailey, R. G., Robert D. Pfister, and Jan A. Henderson. 1978. Nature of Land and Resource Classification-A Review. *Journal of Forestry*/October p.650-655.
- Botkin, D. B. 1993. Forest Dynamics: An Ecological Model. Oxford U. Press.
- Botkin, D. B., J. F. Janak and J. R. Wallis. 1972. Some Ecological Consequences of a Computer Model of Forest Growth. *Journal of Ecology*, 60:849-872.
- Box, E.O. 1980. Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography. Junk, The Hague, The Netherlands.
- Carpener, G., A.N. Gillison, and J. Winter. 1993. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2, 667-680.
- Carter, T. R., Parry, H. Harasawa and S. Nishioka. 1994. IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Clark, W. C. 1985. Scales of Climate Impacts. *Climate Change*, 7:5-27.
- Corliss, J. C. 1974. ECOCLASS-A method for classifying ecosystems. P.264-271 in *Foresters in Land-Use Planning*. Proc. 1973 Nat. Convention Soc. Am. For., Washington, D. C.
- Crowley, J. M. 1967. Biogeography. *Can. Geog.* 11:312-326.
- Dasmann, R. F. 1972. Towards a system for classifying natural regions of the world and their representation by the national parks and reserves. *Biol. Conserv.* 4:247-255.



- Davis, L. S., and J. A. Henderson. 1976. ECOSYM-A classification and information system for management of wildland ecosystems: the conceptual framework. 55p. Utah State Univ., Logan.
- Fong-Long Feng. 1996 GIS Model-Based Spatial Analysis of Forest Stand Structure and Volume Estimation Journ. Expt. Forest of NCHU 18(2):65-77.
- Fong-Long Feng. 1997 Environmental Assessment for Agricultural Development in Taiwan Journal of Soil and Water Conservation 29(3):220-236.
- Fong-Long Feng. 1997 Modelling Stand Growth Varies in Response to Different Spacing Quart. Journal Exp. For Nat. Taiwan University 11(2):123-135.
- Fong-Long Feng. 1997. Modeling Stand Growth Varies in Response to Different Spacing. Quart. Journal Exp. For Nat. Taiwan University, 11(2) : p123-135.
- Fong-Long Feng. 1999. State-of-the-art Technologies of Forest Inventory and Monitoring in Taiwan. Jour. Exp. For. Nat. Taiwan Univ, 13(1) : p61-71.
- Frayser, W. E., L. S. Davis, and Paul G. Risser. 1978. Uses of Land Classification. Soc. Am. For. P.647-649.
- Giannini, R. and F. Magnani. 1994. Impact of global change on pollination processes and on the genetic diversity of forest tree populations. *Forest Genetics* 1, 97-104.
- Gilmour, J. S. L. 1951. The development of taxonomic theory since 1851. *Nature* 168:400-402.
- Green, D. G. 1989. Simulated Effects of Fire, Dispersal and Spatial Pattern on Competition within Forest Mosaics. *Vegetation*, 82:139-153.
- Grigg, F. 1965 The logic of regional systems. *Ann. Assoc. Am. Geog.* 55:465-491.
- Hills, G. A. 1960. Regional site research. *For. Chron.* 36:401-423.
- Hogeweg, P. 1988. Cellular Automata as a Paradigm for Ecological Modelling. *Applied Mathematics and Computation*, 27:81-100.
- Howard Gutowite. 1987. Cellular Automata-Theory and Experiment.
- Itami R. R. 1988. Cellular Worlds-Models for Dynamic Conceptions of Landscape. *Landscape Architecture*, p52-57.
- Jarvis, P. J. 1989. Atmospheric Carbon dioxide and Forests. *Philosophical Transactions. Royal Society of London.* B324:369-392.
- Jensen, J. R. 1986. Introductory Digital Image Processing. P237-246.
- JRC. 1996. *TREES Project: A European Initiative for Tropical Forest Ecosystems*. Joint Research Commission, European Commission project EUR 17258 EN.
- Kalensky, Z., and L. R. Scherk. 1975. Accuracy of Forest Mapping from Landsat Comprer Compatible Tapes, Proceedings of the 10th International Symposium on Remote Sesting of Environment, vol.2, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, p1159-1167.
- Lacate, D. S. 1969. Guidelines for bio-physical land classification-for classification of forest lands and associated wildlands. *Can. For. Serv. Publ.* 1264, 61p. Ottawa.
- Luxmoore, R. J., A. W. King and M. L. Tharp. 1991. Approaches to scaling up physiologically based soil-plant models in space and time. *Tree physiology*, 9:281-292.
- Pfister, R. D. 1976. Land capability assessment by habitat types. P.312-25 in *America's Renewable Resource Potential-1975: The Turning Point*. Proc. 1975 Natl. Conv. Soc. Am. For., Washington, D. C.
- Poore, M. E. D. 1962. The method of successive approximations in descriptive ecology. *Adv. In Ecol. Res.* 1:35-68.
- Richard, S. J. 1998. Socio-Economic Scenarios in Hanbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Editor by Feenstra, J. F. I. Burton, J. B. Smith and Richard S. J. Tol ver 2. UNEP. P2-1~2-17.
- Rowe, J. S. 1961. The level-of-integration concept and ecology. *Ecology* 42:420-427.
- Rowe, J. S. 1972. Forest regions of Canada. *Can. For. Serv. Publ.* 1300, 172 p. Ottawa.



- Schreuder, H. T., V. J. Labau, and J. W. Hazard. 1995. The Alaska Four-Phase Forest Inventory Sampling Design Using Remote Sensing and Ground Sampling. *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 61(3):p291-292.
- Sokal, R. R. 1974. Classification: purposes, principles, prospects. *Science* 185:1115-1123.
- Solomon, A.M. 1986. Transient responses of forests to CO₂ induced climate change: Simulation modeling experiments in eastern north America. *Oecologia*, 68: 567-569.
- Townshend, J.R.G. (ed). 1992. Improved Global Data for Land Applications: A Proposal for a New High Resolution Data Set. Report of the land cover working group of IGBP-DIS. International Geosphere-Biosphere Project, Stockholm. Also, <http://www.meteo.fr/cnrm/igbp/>
- Wang, Y.P. and P.J. Polglase. 1995. Carbon balance in the tundra, boreal forest and humid tropical forest during climate change: Scaling up from leaf physiology and soil carbon dynamics. *Plant Cell and Environment* 18, 1226-1244.
- Williams, W. T. 1967. Numbers, taxonomy, and judgment. *Bot. Rev.* 33:379-386.
- Wolfram S. 1984. Cellular Automata: A Model of Complexity. *Nature*, 31(4):419-424.
- Wolfram S. 1984. Computer Software in Science and Mathematics. *Scientific American*, p184-203.
- Wolfram S. 1986. Theory and Application of Cellular Automata. *World Scientific*.



附表一

參與計畫人力資料表

[所有列名在「九.計畫主持人」及「十.研究人員」者均應詳細查對填寫]

[參與人月請勿超過 12 人月]

	參與計畫人員姓名	身份證字號	出生年 民國	專長 領域	職級	學歷	性別	參與 人月	參與 性質
1	馮豐隆	Q100690428	42	57	1	1	1	12	1
2	高勝助	P120869777	46	10	2	1	1	12	4
3	顏增昌	E120239217	54	10	4	1	1	12	4
4	林明進	M101573450	39	57	6	2	1	12	4
5	羅南璋	R122417406	62	57	6		1	12	4
6	吳昶清	U121013309	65	57	4	6	1	12	4
7	王駿穠	N123474082	67	57	4	6	1	12	4
8	張小飛	F223888251	66	2H	4	6	0	12	4
9	林姝嬪	A220026218	51	2H	4	5	0	12	4
10	陳淑芬	N222776605	67	90	4	4	0	12	4



附表二

本研究計畫主持人及共同主持人本年度及以往三年之研究計畫名稱

[請由本年度起順序往前填列。本年度計畫應包括擬向本會或其他機關申請中或已核定之計畫，同時請在備註欄內打√註明計畫主持人與該計畫之關連，1.是否為計畫主持人，2.該計畫是否已核定。]

計畫主持人：馮豐隆

年度	計畫名稱	委託機關	備註			
			主持	非主持	申請中	核定
90	多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3)	農委會	√		√	
90	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)	農委會		√	√	
90	生態系經營管理模式之建立(2/3)	農委會	√		√	
90	氣候變遷對台灣森林植生分布與生產力影響評估	國科會	√		√	
89	生態系經營管理模式之建立(1/3)	農委會	√			
89	多尺度森林地覆分類系統之建立(2/3)	農委會	√			
89	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計劃(大山背)	農委會		√		
89	森林生態系碳吸存模式之建立與應用(1/3)	環保署	√			
88	森林生態系地理資料庫之整合與應用	國科會	√			
88	生態系經營資訊管理系統之建立	農委會	√			
88	多尺度森林地覆分類系統之建立(1/3)	農委會	√			
88	公私有林經營改善實驗區 GIS 建立與應用(石桌)	農委會		√		
88	森林碳吸存之效益評估	環保署	√			
87	關刀溪森林生態系研究－林分變遷之探討與地理資料庫建立(3)	國科會	√			



計畫主持人：馮豐隆

年度	計畫名稱	委託機關	備註			
			主持	非主持	申請中	核定
87	在生態系經營理念下永久樣區之設立與檢討	農委會	√			
87	多尺度森林資源調查分析與監測	農委會	√			
87	林業對溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估	環保署	√			



附表三

年度經費概算表

*如經費來源為本會之附屬機關者，請於（）內註明該機關簡稱。

(單位：千元)

項目		經費來源	農委會 (附屬機關簡稱)	其他	合計
全程計畫經費			1,150	0	1,150
以往撥用經費			0	0	0
本年度經費			1,150	0	1,150
期 (全) 程 年 度 經 費 概 算	88年度				0
	89年度				0
	90年度		1,150	0	1,150
	年度				
	年度				
	年度				



附表四

人事費明細表

機關名稱	姓名	職稱	人事費代碼	月支(元)	期限(月)	月支(元)*期限(月)
國立中興大學森林系	馮豐隆	教授	2	3000	12	36,000
國立中興大學應用數學系	高勝助	副教授	2	3000	12	36,000
小計	1. 薪 俸			0 人		0 元
	2. 研究津貼			2 人		72,000 元
總計				2 人		72,000 元

註：人事費代碼請依下列填寫：

薪俸：1

研究津貼：2



附表五

新購儀器及設備明細表

[單價新台幣十萬元(含)以上儀器及設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

儀器設備名稱	中文：				
	英文：				
主要規格					
單價(元)		數量		總價(元)	
農委會經費(元)			其他機關配合款(元)		
購置機關			使用單位(系課室)		
儀器設備負責人			儀器設備管理人員		
用途說明					
購置理由					



附表六

新購研究分析及檢測用儀器申請表

[單價新台幣 50 萬元(含)以上儀器設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

一、申請機關名稱：

單位名稱：

二、申請人姓名：

職級：

電話：

三、申請儀器（設備）名稱： 中文：
英文：

(請檢附廠商說明書及估價單)

四、主要規格及功能

1.規格：

2.功能：(請具體說明)

五、經費概算(千元)

單價：

數量：

總價：

六、本儀器（設備）之經費是否另有相對經費配合款

否 是 由(機關名稱)：

配合：

千元

七、機關內是否有性能相似的儀器（設備）（請以系、所或課、室為單位）

是 1.本件係增購，因原有儀器(設備)使用頻度太高，不敷使用。
 2.本件係汰購，因原有儀器(設備)已使用 年，不敷再用。
原有儀器(設備)購置年度 ，補助單位

否

八、本儀器（設備）負責人：

1.操作本儀器（設備）之經驗（請概述）

2.儀器（設備）操作訓練計畫（請概述）

3.儀器（設備）放置地點

九、本儀器（設備）是否可共同使用（請述理由）

十、本儀器（設備）的購買與研究計畫的關係（請詳細說明必須購置之理由，及計畫結束後，本儀器（設備）可否轉移其他用途。）

十一、以上所述屬實，若有虛偽情事願意依規定受罰

購置機關：

使用單位：

申請人：

財產管理單位簽章：



附表七

資訊相關費用明細表

(計畫中有電腦相關業務費[25-00、32-00]資訊設備費[55-00]請填此表)

- 一、購置機關：
- 二、使用單位(以科、課、組、室、系為單位)：
- 三、單位內人員數：
- 四、單位內現有資訊設備：

設備名稱	數量(購用年)	說明(註明用途)
個人電腦		
筆記型個人電腦		
特殊用途個人電腦		
雷射印表機		
噴墨印表機		
點陣印表機		
大型主機系統		
伺服器		
掃瞄器		
光碟設備(CD_ROM,MO)		
區域網路		
其他		
應用軟體		
套裝軟體(系統名稱、數量)	SDE 2套(整合 GIS 與 DBMS)	

五、擬申購之資訊設備(含電腦資料處理、軟體與規劃設計)

預算科目	軟硬體設備名稱	數量	總價	規格、用途及需求說明

- 註：1.請依需要增加表格長度。
- 2.電腦資料處理費僅限調查之大量資料輸入或電腦影像處理之用。



附表九

計畫摘要

計畫名稱：多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3)
計畫編號：多尺度森林地覆分類系統之建立(3/3) 審議編號：
主管機關：行政院農業委員會 執行單位：國立中興大學
計畫主持人：馮豐隆 聯絡人：馮豐隆
聯絡電話：04-22854060 傳真號碼：04-22872027
期程：87年7月1日至90年12月31日
經費：(全程) 1,150 仟元 90(年度)： 1,150 仟元
人力預估：(全程) 35.0 人年 90(年度)： 10.0 人年
執行內容(中文摘要)：

建立森林生態系以林木、林分、地景、生態系為層級之多尺度森林生態系經營資料庫，並以惠蓀林場 921 地震前後之數化資料，進行空間圖籍及屬性建立，並與生物生態組成、結構分析結果整合，且由地景規劃方法及數學規劃方法，進行林地分類及森林經營規劃。

計畫目標：

依氣象、雨量、溫度、土壤等生育地因子及群集分析，完成：

- (1)建立整合性多尺度森林生態資料庫，多尺度包括單株、林分、地景與生態系層級。
- (2)完成多尺度生態分區，並在其分區下進行生態系、地景、林分與林木組成與結構分析。
- (3)探討 1999.9.21 地震前後之惠蓀林場崩塌地分布及土地利用變化狀況。
- (4)依地景規劃(landscape planning)及數學規劃方法，進行惠蓀林場林地分類及森林經營規劃。

架構(重要工作項目)：

1、重要工作項目：

(繼續收集惠蓀林場的不同尺度、DTM、地形、氣象、土壤等資料以及經營記錄(如造林台帳、伐木台帳等)及第二、第三次資源調查等調查記錄簿等及過去生長收穫及生態方面研究調查記錄簿，即整理、定位、建檔、儲存惠蓀林場及其附近事業區，目前已有的空間圖層及非空間屬性資料庫成經營資訊系統。

(規劃、收集惠蓀林場 1997~2000 年間有關地覆拍攝、掃描的資料，並進行數化資料處理。

(購置與收集地面調查記錄約同時之航空照片、空照、多光譜掃描資料、衛星光譜資料、空間資料。

(進行數位錄影資料的擷取、剪輯、接合與航空照片掃描資料的判釋、影像處理與空間分析。

(建立、整合、改進數位航照與錄影、衛星影像等空間資料間系統的建立，以結合不同分類系統，使涵蓋最細類目至高層級項目。

2、方法：

- (1)先收集惠蓀林場 7,600ha 範圍，生長收穫等經營研究及生態研究之地面調查資料，並將樣區予定位以建入 GIS 圖籍及非空間屬性資料的建立，成為單株、林分、地景



- 等多層級經營管理資訊系統(MIS)的核心。
- (2)收集、購置航測等遙測資料，並進行影像、空間處理分析，探討 1999.9.21 地震前後崩塌地分布及惠蓀林場土地利用變遷分析。
 - (3)以 MIS 資料、DTM 配合航測、航遙測資料之地覆判釋、空間、光譜分析，以獲各層級、尺度的森林地覆圖。
 - (4)將地面調查研究的資料予恢復，並定位其樣區，以空間分析如空間推估、套疊等功能及統計分析進行林木、林分、地景、生態系各層級種類關係系統。
 - (5)結合 1/5000 數位像片基本圖、地面資料建立之土地及資源（地覆）分類系統，與由目前已有遙航測資料所建立分類系統。
 - (6)整理土地及森林資源分類系統與準則，依目標擬定建立多尺度森林地覆分類層級系統。
 - (7)森林地覆分類系統建立且驗證於惠蓀林場。
 - (8)依地景規劃及數學規劃方法，進行惠蓀林場林地分類及森林經營規劃。

預期效益：

- (1)造林位置圖、伐木地分布圖嵌入林班圖，過去研究區定位問題。
- (2)利用衛星定位系統完成造林台帳圖、伐木台帳圖與過去生長收穫等經營及生態方面樣區之定位工作，以利建檔入 GIS 中。
- (3)利用數位模型資料完成坡度、坡向、海拔高、累積日照量、水分梯度、有效積溫之推估。
- (4)利用空間推估方法進行生育地因子現況與功能描述與推導。
- (5)建立惠蓀林場林木、林分、地景、生態系等多尺度經營資訊系統（MIS）。
- (6)921 地震前後惠蓀林場地況、林況。
- (7)錄影、攝影資料處理。
- (8)資料來源尺度、等級與層級分類系統間關係的研擬，建立多尺度地景規劃與林地分類。

英文摘要：

【請配合中文之執行內容撰寫】

In order to conduct land use planning and forest management more efficiently, we have to classify forest and land characteristics into clusters or groups. The purpose of this research is to develop a multi-scale georeferenced DBMS which can integrate ground surveyed, photogrammetry / remote sensing and existing data, such as TM, silviculture and harvest area distribution maps and surveyed records. Spatial statistics, hierarchical theory and integration of classification approach and landscape planning will be used to proceed land-use classification and management strategies planning. We will accomplish the landscape analysis of landside changes before and after the Chi-Chi earthquake and the ecosystem management planning for Hui-Sun forest station.

農委會—III

私有林經營改善實驗區GIS建立與訓練計畫(小半天)

*Study on the Developing and Training GIS
for Private Forest Improving Management
Experiment Area in Taiwan (Shiau
Ban-Ten)*

行政院農業委員會主管科技計畫
九十年年度細部計畫說明書

私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)

Study on the Developing and Training GIS for
Private Forest Improving Management Experiment
Area in Taiwan. ()

中興大學
中華民國九十年二月



執行機構(計畫)識別碼：

[10碼]

行政院農業委員會主管科技計畫 九十年年度細部計畫說明書

※以下各欄之紅色文字部分係注意事項，請先閱讀，閱畢刪除之，再開始填表。

一、計畫序號及名稱

- (一)序號： [請以序號 1. 2. 3. ……填入；倘為單一計畫，請刪除本項。]
- (二)中文名稱： 私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)
- (三)英文名稱： Study on the Developing and Training GIS for Private Forest Improving Management Experiment Area in Taiwan. ()

二、計畫編號

- (一)國科會審議編號：
- (二)本年度計畫編號 [請於計畫通過後再填列。]
 - 中文： 私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)
 - 英文： Study on the Developing and Training GIS for Private Forest Improving Management Experiment Area in Taiwan. ()
- (三)去年度計畫編號 [延續性計畫務必填列，如係新增計畫請註明新提計畫。]
 - 中文： 私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫
 - 英文： Study on the Developing and Training GIS for Private Forest Improving Management Experiment Area in Taiwan.

三、計畫依據 [得分段方式增加說明另外所依據之法令、方案或其他重要施政措施。]

- (一)邁向廿一世紀農業新方案。
- (二)[無另增說明，請刪除本項及層次序號(一)、(二)。]

四、計畫屬性 [請勿複選。]

- 1. 科技類
- 2. 非科技類

五、研究性質 [請勿複選。]

- 1. 基礎研究
- 2. 應用研究
- 3. 技術發展
- 4. 商品化
- 5. 其他



六、研究領域：57 林業類

[請參照「研究領域及專長領域代碼表」填寫，請只填列乙項。]

七、執行機關與執行人 [執行機關係指細部或單一計畫之總負責機構，限填一個機關。執行人為執行機關首長。]

機 關 名 稱	單 位 名 稱	執 行 人	職 稱
中興大學	森林系	李久先	教授兼主任

八、協辦(合作)機關 [除執行機關之外，其餘參與計畫之機關均列為協辦(合作)機關，執行人為協辦(合作)機關代表。]

機 關 名 稱	單 位 名 稱	執 行 人	職 稱
---------	---------	-------	-----

九、計畫主持人[計畫主持人接受「行政院所屬機構」委託研究計畫總數最多以兩項為原則。]

機關名稱：國立中興大學
 姓名：馮豐隆 職稱：教授 單位名稱：森林系
 電話：04-22854060 傳真：04-22872027
 電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十、研究人員[計畫主持人免填入本欄。]

序號	機 關 名 稱	單 位 名 稱	研 究 人 員	職 稱
1.	中興大學	應用數學系	高勝助	副教授
2.	朝陽大學	休閒事業管理系	黃志成	助理教授
3.	中興大學	應用數學系	顏增昌	助理教授
4.	中興大學	森林系	吳昶清	研究生
5.	中興大學	森林系	王駿穠	研究生
6.	中興大學	森林系	林仁政	研究生
7.	中興大學	森林系	陳淑芬	研究助理

十一、計畫聯絡人 [為執行機關人員，負責本計畫進度控制、季報表、期中檢討及執行成果依期限內填報資料，限填乙名。]



機關名稱：國立中興大學

姓名：馮豐隆

職稱：教授

單位名稱：森林系

電話：04-22854060

傳真：04-22872027

電子信箱：flfeng@nchu.edu.tw

十二、執行期限

全程計畫：90年1月1日至93年12月31日止
本年度計畫：90年1月1日至90年12月31日止

十三、實施地點

嘉義縣竹崎鄉石桌、南投縣鹿谷鄉小半天及新竹縣橫山鄉大山背等三處"私有林經營改善實驗區"

十四、計畫內容 [除預定進度用表格表示外，其他各項請用文字敘述，且各項字數請勿超過一千五百字。]

(一)已完成之重要計畫成果摘要：[延續性計畫請填列。]

1. 建立嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區之地理資料庫，包括下列四項工作：

(1)擬定私有林經營改善實驗區地理資料庫架構

(2)已蒐集過去經營管理資料，以供地理資訊系統資料庫之基本資料，包括：

A.大比例尺地籍圖及屬性表

B.森林所有權分布圖冊(面積，位置及範圍)

(3)配合以地面調查、航空照片等資料，建立私有林經營改善實驗區之基本圖籍，以行政單位的縣市/鄉鎮/村里及林業經營區劃事業區/林班/小班為底圖，完成以下圖籍：

A.自然資源環境資料

(A)實驗區範圍位置嵌鑲圖(1/5,000像片基本圖)

a.縣市鄉鎮行政管理圖

b.事業區林班行政管理圖(國有林、保安林、特種森林地、保護區)

c.農、山坡地、山地行政管理圖(農林業經營)

(B)自然環境資料

a.地形圖—數位地形模型(DEM)

b.集水區圖、坡度圖、坡向圖、海拔高圖

c.地質圖

d.土壤圖—水系、土壤種類、土壤深度、質地

e.氣象圖—每年(每月)最高溫、平均溫、最低溫、雨量、濕度

(C)地覆資料—航空照片、航線圖、年度

a.植生圖

b.土地利用型圖(農林業經營管理現況圖)

c.林相圖(樹冠、郁閉圖、材積圖)

d.野生動物棲息地分布圖



B.人為土地經營管理規劃

(A)綜開計劃

(B)區域計劃—都市計劃、非都市計劃

(C)林業—國有林、公私有林、保安林、特種地類、保護區

(D)地籍圖

(E)道路圖—鄉、村道、林道、步道、產業道路

- (4)公私有林經營改善實驗區執行查詢系統的建立，利用Arc/View的巨集語言配合使用流程、查詢流程，建立親和性高的查詢系統，以林班圖、地籍圖及所有權人資料整合為基礎，建立石桌試驗地地籍、地覆資料庫，配合林班圖租地造林放租契約、試驗計劃項目、林班地租地造林放租資料，將放租地、承租人、契約內容，予以整合。

(二)擬解決問題：[包括背景與問題分析及計畫目的等。]

1. 建立新竹大山背私有林經營改善實驗區之地理資料庫，包括下列三項工作：
 - (1)利用嘉義石桌改進私有林經營改善實驗區地理資料庫架構。
 - (2)蒐集過去經營管理資料，以供地理資訊系統資料庫之基本資料。
 - (3)配合以地面調查、航空照片、攝影錄影等資料，建立私有林經營改善實驗區之土地利用型圖籍。
2. 利用所建立之地理資料庫，提供實驗區內私有林之經營管理資訊，以作為私有林經營計畫及政策擬定之參考。
3. 提供解決本省私有林經營管理之相關問題，包括：
 - (1) 建立私有林經營改善實驗區土地利用之監測模式。
 - (2) 以網路圖形伺服器配合地理資訊系統，展示及查詢私有林經營改善實驗區之執行成果。
 - (3) 引進地理資訊系統(GIS)、遙測(RS)、全球衛星定位系統(GPS)及雷射測量儀等4S科技，進行調查測量及資料儲存分析，以提供私有林農經營上的空間資訊。
 - (4) 嘗試以地理資訊系統協助私有林農解決在經營管理上較具急迫性的相關問題。
 - (5) 土地利用型資訊以利私有林精緻林農業之經營。
4. 完成各經營改善實驗區地理資訊系統之訓練移交。

(三)前人研究概況：[國內外有關本計畫之研究摘述。]

(三)未來各年度計劃如下：

1. 第一年、第二年及第三年：分別針對嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區、新竹縣橫山鄉大山背私有林經營改善實驗區及南投縣鹿谷鄉小半天私有林經營改善實驗區，整理以往研究調查資料、實驗施行成果、圖籍、台帳記錄，以建立地理資料系統。(第一年已完成，今年為第二年。)
2. 第四年、第五年及第六年：由地理環境資源及管理層級的空間圖籍資料與非空間屬性資料，針對嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區、新竹縣橫山鄉大山背私有林經營改善實驗區及南投縣鹿谷鄉小半天私有林經營改善實驗區，進行相關之空間分析，從地理(空間)因素考慮私有林經營改善實驗區之經營(特別是經濟)的相關問題。

(四)計畫目標 [預期完成之工作項目及具體成果。]

1. 全程目標：[二年以上至六年以下之中程計畫等延續性計畫請填列總計畫目標及分年度工作計畫目標，如屬單一年度計畫，請填本年度目標即可。]



(1)總目標：

完成私有林經營改善實驗區地理資訊系統之建立，並以所建立之地理資料庫提供私有林經營管理資訊，作為全省私有林經營改善之依據。

(2)分年度工作目標：[請以期(全)程分年度(如89年度)，分段摘要敘述。]

90年：

1. 完成新竹縣橫山鄉大山背私有林經營改善實驗區地理資訊系統之建立。
2. 完成嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區地理資訊系統之訓練移交。

91年：

92年：

93年：

2.本年度目標：[請詳述。]

- 1.完成新竹縣橫山鄉大山背私有林經營改善實驗區地理資訊系統之建立。
- 2.完成嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區地理資訊系統之訓練移交。

(五)重要工作項目及實施方法：[請列述完成各項工作的主要方法及步驟，包括採用方法、預計可能遭遇之困難、解決途徑、重要儀器及設備之配合使用情形。]

1、重要工作項目

重要工作項目	工作數量			預算 (千元)	實施地區				備註
	單位	全程計畫目標 87年7月至93年6月	至90年度止 累計成果		本年度預定目標	省市	縣市	鄉鎮	
資料收集與數化建檔	幅	私有林相關資料蒐集及林業重要主題圖之數化建檔，預計建立分析圖檔30幅以上	20幅圖檔	完成林業資料蒐集及建立圖檔10幅	300		新竹縣等地		
儀器設備及材料採購	項	電腦儀器及GIS相關軟體之增購與維護 數位資料建立設備之增購與維護	二項	設備維護軟體版本更新及ArcView網路伺服器,GPS及雷射測量儀等數化及測量用具之購買	800		新竹縣等地		
航照判釋與圖檔製作	件	主題圖判釋及製作 預計三件(本省三處私有林經營改善實驗區)	二件	土地利用型圖判釋與製作(一件)	180		新竹縣等地		
地型空間因子推導	式	私有林經營之地理空間因子及經濟因子推導及分析	一式	坡度、坡向、海拔高、林道路網及相關地理經濟分析等	300		新竹縣等地		



取樣調查	區	完成野外調查或相關問題訪談樣區三區	二區	配合資料庫檢討及展示目前已設置完成之實驗區經營成果	500		新竹縣等地			
資料分析及查詢	件	完成三處私有林實驗區之經營資訊查詢系統	二件	建立林業生態系經營之觀念並展示私有林實驗區實施成果	220		新竹縣等地			
資料庫移交	件	完成三處私有林實驗區之資料庫移交暨使用訓練	一件	完成嘉義縣竹崎鄉石桌私有林經營改善實驗區地理資訊系統之訓練移交	200		嘉義縣等地			
報告撰寫	件	完成全程計畫報告書	二件	完成本年度計畫一件	80		新竹縣等地			
累計總進度					2580					

2、實施方法與步驟

- (1)擬定私有林經營改善實驗區地理資料庫之理論架構。
- (2)完成私有林經營改善實驗區相關空間及屬性資料蒐集、規劃及建檔。
- (3)建立私有林經營改善實驗區執行成果之查詢系統。
- (4)完成私有林經營改善實驗區查詢系統之資料庫維護、訓練、移交。
- (5)提供私有林經營改善實驗區土地利用空間分布特性資料，包括類別，面積，頻度，百分比等資料。

(六)預定進度：[如有兩個以上機關共同執行本計畫，應填列綜合進度，並注意重要工作項目應與(五)所列舉者及評估指標互相配合，工作比重總和應等於 100%。]

重要工作項目	工作比重 %	預定進度	90 年				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
建立私有林資料庫理論架構	5	工作量或內容	收集	探討			
		累計百分比	50	100	100	100	
資料收集、校對與調查	15	工作量或內容	收集	整理			
		累計百分比	50	100	100	100	
資料數化與建檔	25	工作量或內容	整理	建檔	建檔	建檔	



重要工作項目	工作比重 %	預定進度	90 年				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
		累 計百分比	25	50	75	100	
資料統計	5	工作量或內容		統計	統計	統計	
		累 計百分比		30	60	100	
資料分析	10	工作量或內容			分析	分析	
		累 計百分比			50	100	
資料庫移交	10	工作量或內容		購置	移交		
		累 計百分比		50	100	100	
查詢系統使用訓練	20	工作量或內容		訓練	訓練	訓練	
		累 計百分比		30	60	100	
報告撰寫	10	工作量或內容				撰寫	
		累 計百分比				100	
累計總進度	百分比		16.3	45.0	68.8	100.0	

(七)預期效益及評估指標：[計畫執行效益及指標，請配合年度目標儘量數量化，以顯示計畫績效，並作為管考查證之依據。]

1.預期效益：

- (1)建立新竹大山背私有林經營改善實驗區地理資料庫，可供相關單位查詢及展示，以利後續私有林經營改善理念之推廣。
- (2)提供私有林經營改善實驗區內土地利用空間分布資訊，使管理單位得以監測整體變化情形。
- (3)提供後續私有林經營管理空間分析之相關資料。
- (4)提供建議以利後續私有林經營改善計畫之研擬及修正。

2.評估指標：[必須與(六)預定進度表中重要工作項目進度相對照。]

- (1)圖檔之品質及數量
- (2)屬性資料之品質及數量
- (3)查詢系統之親和力

十五、過去三個年度之計畫結束報告是否已提送 [延續性計畫務必填列。]



89	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明： 第一年計畫))
88	年度：	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(說明： 第一年計畫))
87	年度：	<input type="checkbox"/> 是	<input checked="" type="checkbox"/> 否	(說明： 未提計畫))

十六、計畫經費分類 [計畫經費分類有補助費、委辦費及自辦經費，預設為委辦費。]

(單位：千元)

經費類別	經常門	資本門	合計
委辦費	560	200	760

十七、預算細目

*預算科目分類及代號請依據「行政院農業委員會主管計畫經費處理手冊」，使用九十年度之新分類及代號。

機關名稱： XXXXXXXXX

(單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源						說明
		農委會			其他		合計	
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
10-00	人事費	361	0	361	0		361	
11-20	工資	360.55		361			361	資料整理、建檔、統計分析、程式設計 650 元/日*25 日/人*2 人=31,200 及研究助理 24,300*13.5 月=328,050 元
20-00	業務費	153	0	153	0		153	
21-00	印刷	10		10			10	資料影印、報告、表格印刷
28-00	材料費	70		70			70	航空照片，像片基本圖，紙張，磁片，錄影帶，底片等，低空飛行載具及攝影拍攝感應器等零件費用
29-00	雜支	73.45		73			73	文具、郵電、照片沖洗、紙張、會議餐、電話費、參觀考察門費等、平安保險費(含行政管理費)
30-00	維修費							



機關名稱： XXXXXXXXX

(單位：千元)

預算科目代號	預算科目	經費來源					合計	說明
		農委會			其他			
		經常門	資本門	小計	金額	配合款單位		
35-10	電腦資料處理費	10						資料處理、統計分析、圖文配合等
35-20	系統軟體與套裝軟體		200					地理資料處理系統、統計分析、圖形影像分析處理程式
41-00	臺澎金馬地區旅費	36		36				野外調查、業務聯繫、論文發表 1,200 元/日×15 日/人×2 人=36,000
合計		560	200	760				

十八、關鍵詞 [(前)中(後)英文並列至少三則。]

\

十九、主要參考文獻 [請依中、日、英等文獻次序列出。]



附表一

參與計畫人力資料表

[所有列名在「九.計畫主持人」及「十.研究人員」者均應詳細查對填寫]

[參與人月請勿超過 12 人月]

	參與計畫 人員姓名	身份證 字 號	出生年 民 國	專長 領域	職級	學歷	性別	參與 人月	參與 性質
1	馮豐隆	Q100690428	42	57	1	1	1	12	1
2	高勝助	P120869777	46	10	2	1	1	12	4
3	黃志成	E120541990	53	57	6	1	1	12	4
4	顏增昌	E120239217	54	10	4	1	1	12	4
5	吳昶清	U121013309	65	57	4	6	1	12	4
6	王駿穠	N123474082	67	57	4	6	1	12	4
7	林仁政								
8	陳淑芬	N222776605	65	90	4	4	0	12	4
9									



附表二

本研究計畫主持人及共同主持人本年度及以往三年之研究計畫名稱

[請由本年度起順序往前填列。本年度計畫應包括擬向本會或其他機關申請中或已核定之計畫，同時請在備註欄內打√註明計畫主持人與該計畫之關連，1.是否為計畫主持人，2.該計畫是否已核定。]

計畫主持人：馮豐隆			備註			
年度	計畫名稱	委託機關	主持	非主持	申請中	核定
90	氣候變遷對台灣森林植生分佈與生產力影響評估	國科會	√		√	
90	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫(小半天)	農委會	√		√	
90	多尺度森林地覆分類系統之建立(3)	農委會	√			
89	森林生態系地理資料之整合、維護與應用	國科會	√			
89	生態系經營管理模式之建立(2)	農委會	√			
89	多尺度森林地覆分類系統之建立(3)	農委會	√			
89	私有林經營改善實驗區 GIS 建立與訓練計畫	農委會	√			
89	森林生態系碳吸存模式之建立與應用(2)	環保署	√			
88	森林生態系地理資料庫之整合與應用(1)	國科會	√			
88	生態系經營管理模式之建立(1)	農委會	√			
88	多尺度森林地覆分類系統之建立(2)	農委會	√			
88	公私有林經營改善實驗區 GIS 建立與應用(2)	農委會	√			
88	森林生態系碳吸存模式之建立與應用(1)	環保署	√			
88	東北角海岸風景特定區自然生態資源調查與監測(五)	觀光局				



計畫主持人：馮豐隆

年度	計畫名稱	委託機關	備註			
			主持	非主持	申請中	核定
87	關刀溪森林生態系研究－林分變遷之探討與地理資料庫建立(3)	國科會	√			
87	生態系經營資訊管理系統之建立	農委會	√			
87	多尺度森林地覆分類系統之建立(1)	農委會	√			
87	公私有林經營改善實驗區 GIS 建立與應用(1)	農委會	√			
87	森林碳吸存之效益評估	環保署	√			



附表三

年度經費概算表

*如經費來源為本會之附屬機關者，請於（）內註明該機關簡稱。

(單位：千元)

項 目		經費來源	農委會 (附屬機關簡稱)	其 他	合 計
全 程 計 畫 經 費					
以 往 撥 用 經 費					
本 年 度 經 費					
期 (全) 程 年 度 經 費 概 算	90 年 度				
	91 年 度				
	92 年 度				
	93 年 度				
	年 度				
	年 度				



附表四

人 事 費 明 細 表

機關名稱	姓名	職稱	人事費 代碼	月支(元)	期限(月)	月支(元)*期限(月)
小計	1. 薪 俸			人		元
	2. 研究津貼			人		元
總計				人		元

註：人事費代碼請依下列填寫：

薪俸：1

研究津貼：2



附表五

新購儀器及設備明細表

[單價新台幣十萬元(含)以上儀器及設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

儀器設備名稱	中文：				
	英文：				
主要規格					
單價(元)		數量		總價(元)	
農委會 經費(元)			其他機關 配合款(元)		
購置機關			使用單位 (系課室)		
儀器設備 負責人			儀器設備 管理人員		
用途說明					
購置理由					



附表六

新購研究分析及檢測用儀器申請表

[單價新台幣 50 萬元(含)以上儀器設備，請填此表，每項儀器設備分別填一表。]

一、申請機關名稱：

單位名稱：

二、申請人姓名：

職級：

電話：

三、申請儀器（設備）名稱： 中文：

英文：

(請檢附廠商說明書及估價單)

四、主要規格及功能

1.規格：

2.功能：(請具體說明)

五、經費概算(千元)

單價：

數量：

總價：

六、本儀器（設備）之經費是否另有相對經費配合款

否 是 由(機關名稱)：

配合：

千元

七、機關內是否有性能相似的儀器（設備）(請以系、所或課、室為單位)

是 1.本件係增購，因原有儀器(設備)使用頻度太高，不敷使用。

2.本件係汰購，因原有儀器(設備)已使用 年，不敷再用。

原有儀器(設備)購置年度 ，補助單位

否

八、本儀器（設備）負責人：

1.操作本儀器（設備）之經驗（請概述）

2.儀器（設備）操作訓練計畫（請概述）

3.儀器（設備）放置地點

九、本儀器（設備）是否可共同使用（請述理由）

十、本儀器（設備）的購買與研究計畫的關係（請詳細說明必須購置之理由，及計畫結束後，本儀器（設備）可否轉移其他用途。）

十一、以上所述屬實，若有虛偽情事願意依規定受罰

購置機關：

使用單位：

申請人：

財產管理單位簽章：



附表七

資訊相關費用明細表

(計畫中有電腦相關業務費[25-00、32-00]資訊設備費[55-00]請填此表)

- 一、購置機關：
 二、使用單位(以科、課、組、室、系為單位)：
 三、單位內人員數：
 四、單位內現有資訊設備：

設備名稱	數量(購用年)	說明(註明用途)
個人電腦		
筆記型個人電腦		
特殊用途個人電腦		
雷射印表機		
噴墨印表機		
點陣印表機		
大型主機系統		
伺服器		
掃瞄器		
光碟設備(CD_ROM,MO)		
區域網路		
其他		
應用軟體		
套裝軟體(系統名稱、數量)		

- 五、擬申購之資訊設備(含電腦資料處理、軟體與規劃設計)

預算科目	軟硬體設備名稱	數量	總價	規格、用途及需求說明

註：1.請依需要增加表格長度。

2.電腦資料處理費僅限調查之大量資料輸入或電腦影像處理之用。



附表九

計畫摘要

計畫名稱：
計畫編號：
主管機關：行政院農業委員會
計畫主持人：
聯絡電話：
期程： 年 月 1 日至 90 年 月 日
經費：(全程) 仟元 90(年度)： 仟元
人力預估：(全程) 人年 90(年度)： 人年
執行內容(中文摘要)：

【應分段包括計畫目標、架構(重要工作項目)及預期效益;限 2000 字以內】

英文摘要：

【請配合中文之執行內容撰寫】

林 務 局

森林生態系對碳吸存貢獻之探討



森林生態系對碳吸存貢獻之探討

1、計畫名稱：森林生態系對碳吸存貢獻之探討

2、計畫緣由：探討森林生態系對碳吸存貢獻，需要對整個森林生態系範圍有關的圖籍、屬性資料，加以整合，並掌握其時間歷程的土地利用型、林型之面積、位置變動情形及主要樹種、林型的生物質量推估模式及生長演替模式、森林土壤 CO₂ 釋出、吸存模式之建立。

3、計畫目標(分全程目標與分年度工作目標)：

(1)全程目標：以嘉義地區—阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區範圍之主要針葉樹造林，建立台灣土地利用型變遷模式、台灣主要樹種、林型之生物質量樹種—柳杉、杉木、台灣杉、紅檜為對象，推估模式、生長模式，以及土壤碳吸存釋放模式。更而整合森林演替生長變遷土壤圖與地景種類分布與變化的模式系統，以獲各種主要林型之森林生態系對碳吸存貢獻。

(2)分年度工作目標：

A、籌備年：

(A)整合嘉義林管處—阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有關係之圖籍及屬性表資料，以為地理資料庫。

(B)進行增補、更新有關林型、樹種、生育地資料，如利用遙航測資料(如航空照片、Landsat 衛星資料…)經影像處理、判釋，以獲植生／林型／土地利用型之變遷圖籍與屬性。

(C)進行主要樹種／林型碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。

(D)進行森林土壤之 CO₂ 釋放、吸存調查設計與規劃。

(E)建立主要樹種、林型之材積、生物量／地上部、地下部轉換模式。

(F)建立主要樹種、林型之生物質量推估模式。

(G)建立主要樹種、林型之生長、演替、變遷模式。

(H)建構整合動態土地利用型、林型(地景)之林分變遷模式及單株生物質量推估與生長量推測模式、土壤資料，以為“森林生態系碳吸存貢獻”之探討。

B、第一年以阿里山事業區，依籌備年及調查資料修正所建地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構。

C、第二年以大埔事業區，依籌備年及調查資料修正、調查第一年所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

D、第三年以玉井事業區，依籌備年及調查資料修正、調查所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

E、第四年以玉山事業區，依籌備年及調查資料修正、調查所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

4、服務項目(工作內容、項目)：

森林生態系對碳吸存貢獻探討，可分為以下四部分：

- (1)目的範圍資料庫之整合與遙測資料收集處理分析；
- (2)主要造林樹種之林木、林分資料收集，更而生物質推估模式之建立、修正與規劃；
- (3)主要造林樹種生長預測模式及森林生態演替模式之建立；
- (4)土壤碳吸存之調查處理、分析；
- (5)建構整合不同土地利用型、林型、林分、樹種之碳吸存效益模式。

5、工作範圍：

阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區內，柳杉、杉木、台灣杉、紅檜等栽植分布範圍與經取樣具代表性。

6、預期成果：

建立取樣調查資料處理分析：

- (1)整合四個事業區有關森林生態系對碳吸存貢獻之探討；
- (2)建立航遙測大面積地景變化模式；
- (3)建立整合資源調查取樣技巧；
- (4)建立主要林分、林木推估生長模式；
- (5)土壤推估方法。

林 務 局

森林生態系對碳吸存貢獻之探討

<II>

促進碳吸存之森林經營

促進碳吸存之森林經營

隨著人口急速增加、經濟快速繁榮，大量燃燒化石燃料及大規模砍伐熱帶森林結果，使得大氣中溫室氣體大增，促進「溫室效應」，引發了「全球溫暖化」現象，其中又以二氧化碳排放為溫室效應的主要成因，全球溫暖化的結果，將造成極冰融化、海平面升高之後果外，還會對世界各地氣候體系造成嚴重的衝擊，導致暴雨或乾旱頻傳，水資源分配不均，窪地淹水，海流改變，魚場轉移等。

因此引起全球關注，於 1979 年成立跨政府氣候變遷專家委員會（IPCC），負責蒐集研究資料及評估氣候變遷可能帶來的全球性影響；1992 年 6 月初地球高峰會議簽署「氣候變化綱要公約」，原則性管制二氧化碳之排放，並應提出國家通訊，規劃並執行國家或區域行動計畫，提供相關資訊予締約國大會，「國家通訊」數據內容資料來源，皆需引用政府單位正式發表出版，我國目前由環保署負責推動因應氣候變化綱要公約相關業務及籌編國家通訊報告書；1997 年 12 月「京都議定書」通過二氧化碳之排放限制及減量目標，肯定森林資源對吸收溫室氣體的效果，明定 1990 年以後所進行之新植造林、更新造林及森林採伐之二氧化碳吸收或排放之淨值，併入排放減量值計算；並在聯合減量及「清潔發展機制」的架構下，森林所吸存的碳量，將可成為一種可交易的商品。

本省 99.9% 以上的木材需求來自進口材，應加強本國森林經營效率及加強造林工作，厚植森林資源，推動跨國合作造林，以達二氧化碳減量，善盡地球村公民義務。

一、碳吸存評估

目前國內對於林木碳存、釋放效果之研究甚為缺乏，在森林資源中，林木及植物體對碳的貯存能力會隨年齡、林分組成結構、土地生產力、經營活動與否，森林火災、病蟲害等因素而有所差異，故可能會因評估對象、地理環境、森林狀態等因素，造成推估的差異。

林管處等林務單位欠缺轄區主要林型樹種之生物量推估模式及生長量預測模式、統計或機制模式、土壤吸存與釋放二氧化碳以及地覆的變遷等與森林生態系碳吸存、釋放效果有關之一系列的研究資料，也欠缺推估預測技術人才，

致無法精確地推估各事業區之森林淨二氧化碳吸存釋放量，以便比較、彙集提供「國家通訊」報告書需要，茲為粗略估算起見，特引用林俊成、李國忠、林裕仁等 1999 年「柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究」，馮豐隆等 2000 年「森林生態系碳吸存模式之建立與應用」，王松永 1983 年商用木材，林務局 1982 年台灣林木資源之生長及枯死，馮豐隆等 1985, 1986, 1987, 1988(a), 1988(b), 1988(c), 1989(a), 1989(b), 1989(c), 1990, 1991, 1993, 1994 年森林生長模式之建立與應用, 2000 年機制性的森林生態模式之建立與應用、1993 第三次資源調查資料與資訊、IPCC 建議值等有關資料數據，來估算各事業區範圍內主要林型(尤其人工林)碳貯存效果。透過取樣規劃設計、調查、資料收集、建檔、資料處理、分析、建模驗證、推估、調適修正之研究來建立各事業區本土型主要樹種、林型之碳吸存模式後，再予以適度修正。

(一)森林資源與大氣碳吸存、釋放

陸域生態系中，森林為主要生態系統。樹木及綠色植物，藉由光合作用吸收大氣中二氧化碳，釋放氧；並進行呼吸作用排放二氧化碳，光合作用與呼吸作用的差值即為淨同化作用或稱生長。亦即將空氣中的二氧化碳轉化為有機碳形式成為生物量儲存於植物體中，而表現於植物體的總蓄積。植物體所貯存的碳量，會隨林齡增加而累加，增加量依物種之生長率、晉級生長率及枯死率而異。植物體有部分成為枯枝落葉而將碳貯存於林地表面，部分直接分解、腐爛、散失而將碳回歸於大氣中；部分分解成為土壤有機質，該有機質所貯存的碳量亦有部分直接分解、腐爛、散失而將碳回歸於大氣中。當林木已屆輪伐期時，將森林中的林木伐採而收穫木材，木材收穫時有部分物質（如枝條、葉、殘材）廢棄留置於林地，慢慢分解將碳回歸於大氣，大部份則經各種林產工業加工過程，成為各種形式之林產品，如製材、粒片板、組合板、家具裝璜與其他木製品、薪炭材等，當使用為薪炭材時，便將林木長期生長蓄積所貯存碳量，散失而流動回大氣中。林產品則各有不同的使用壽命，在使用壽命內林產品具貯存碳的功能，但會隨著時間逐漸氧化、分解，當達到使用壽命時，部分林產品成為廢棄物被分解、燃燒而將碳流動回大氣，部份則可再回收循環利用，繼續將碳固存，故提高林木收穫過程之生產效率、林木加工技術之改良、延長林產品使用壽命及木製品回收再利用等，均將會延緩碳的釋放速率。

(二)嘉義林管處轄屬國有林直營造林地面積與蓄積

嘉義林管處轄屬四個集水區範圍至民國八十九年度止，現有國有林直營造林地面積與蓄積如附下表：

表 5-29：國有林直營造林地統計表

樹種	面積(ha)	備註	樹種	面積(ha)	備註
紅檜	3,348.43		桃花心木	165.74	
肖楠	94.22		摩鹿甲合歡	105.03	
扁柏	637.71		其他闊葉樹	2,070.82	
松純林	616.15		桂竹	18.57	
松其他林	4,314.83		麻竹	650.41	
柳杉	3,170.86		荊竹	1,863.48	
台灣杉	667.88		其他竹類	480.92	
香杉	407.67				
杉木	863.93				
其他針葉樹	1,965.72		合計	30,455.67	
青剛櫟	11.72				
樟樹	1,012.16				
台灣櫟	708.74				
光臘樹	490.30				
泡桐 油桐	428.27				
烏心石	248.77				
楓香	562.23				
相思樹	4,554.25				
柚木	996.86				

(三)本處轄屬國有林直營造林地各年度造林面積

表 5-30：國有林直營造林地各年度造林面積統計表

年別	造林面積 (ha)	百分比 (%)	年別	造林面積 (ha)	百分比 (%)	年別	造林面積 (ha)	百分比 (%)
1910	1.23	0.00	1941	81.58	0.27	1972	1,530.55	5.03
1911		0.00	1942	101.82	0.33	1973	1,390.79	4.57
1912		0.00	1943	137.64	0.45	1974	1,162.66	3.82
1913		0.00	1944	37.96	0.12	1975	780.99	2.56
1914	1.14	0.00	1945	12.58	0.04	1976	408.21	1.34
1915	3.08	0.01	1946		0.00	1977	954.00	3.13
1916	31.06	0.10	1947	160.73	0.53	1978	939.53	3.08
1917	26.42	0.09	1948	151.80	0.50	1979	943.02	3.10
1918	21.21	0.07	1949	36.97	0.12	1980	793.99	2.61
1919		0.00	1950	181.75	0.60	1981	795.88	2.61
1920	73.30	0.24	1951	205.18	0.67	1982	543.87	1.79
1921	0.45	0.00	1952	484.06	1.59	1983	26.86	0.09
1922	7.24	0.02	1953	590.36	1.94	1984	3.00	0.01
1923	12.54	0.04	1954	621.28	2.04	1985	364.41	1.20
1924	16.21	0.05	1955	708.27	2.33	1986	547.69	1.80
1925	26.16	0.09	1956	599.94	1.97	1987	278.57	0.91
1926	35.96	0.12	1957	784.57	2.58	1988	152.53	0.50
1927	65.34	0.21	1958	670.10	2.20	1989	190.47	0.63
1928	38.10	0.13	1959	530.44	1.74	1990	18.54	0.06
1929	37.62	0.12	1960	409.55	1.34	1991	126.82	0.42
1930	104.29	0.34	1961	375.00	1.23	1992	97.40	0.32
1931	172.47	0.57	1962	380.30	1.25	1993	158.36	0.52
1932	284.33	0.93	1963	176.43	0.58	1994	31.20	0.10
1933	121.69	0.40	1964	291.03	0.96	1995	34.19	0.11
1934	8.46	0.03	1965	304.77	1.00	1996	46.10	0.15
1935	151.87	0.50	1966	562.48	1.85	1997	126.14	0.41
1936	143.61	0.47	1967	849.58	2.79	1998	47.10	0.15
1937	155.84	0.51	1968	1,298.40	4.26	1999	27.50	0.09
1938	204.81	0.67	1969	1,988.45	6.53	2000	133.54	0.44
1939	119.01	0.39	1970	1,435.79	4.71			
1940	105.99	0.35	1971	1,663.52	5.46	合計	30,455.67	100.00

(四)造林工資、造林工數與每公頃造林費用

依據行政院主計處編印之中華民國台灣地區物價統計月報內所列躉售指數，以 2000 年度為基期計算，造林工資單價係依該年省府年度頒佈之工資的數

值，造林作業工資單價為 1,172 元，推算當年度僱用工資的數值造林工數則依據林務局造林功程標準，造林前六年計 188.1 工。

造林成本的計算使用淨現值法，但因林業投資期間長，且生產過程連續不斷，故以複利計算，育林投資折現率以 3% 計列，並令各造林年度別為該造林地林木種植第一年，依據林務局造林功程標準，分別計算前六年造林造林工數並乘上該作業年度之造林僱用工資，再乘上造林面積，可得出前六年造林成本，經折現率折算為西元 2000 年的造林成本，但該折現後的造林成本尚需加上苗木費用，苗木費用依全民造林運動中自備種苗每公頃補助 20,000 元計算，將各項費用加總可算出折現後之全部造林總成本為 8,116,751,997 元，全部造林總成本除以造林總面積 30,455.67 公頃，即可得每公頃造林費用為 286,210 元，總含碳量 2,522,055 公噸，每公頃貯存碳含量 82.81 公噸，每公頃貯存碳成本為 3,456 元。

表 5-31：造林工資

西元 (年)	民國 (年)	年指數 (1996 基期)	年指數 (2000 基期)	造林工資 (元)	備註
1910	前 1			192.10	
1911	前 2			192.10	
1912	1			192.10	
1913	2			192.10	
1914	3			192.10	
1915	4			192.10	
1916	5			192.10	
1917	6			192.10	
1918	7			192.10	
1919	8			192.10	
1920	9			192.10	
1921	10			192.10	
1922	11			192.10	
1923	12			192.10	
1924	13			192.10	
1925	14			192.10	
1926	15			192.10	
1927	16			192.10	
1928	17			192.10	
1929	18			192.10	

1930	19			192.10	
1931	20			192.10	
1932	21			192.10	
1933	22			192.10	
1934	23			192.10	
1935	24			192.10	
1936	25			192.10	
1937	26			192.10	
1938	27			192.10	
1939	28			192.10	
1940	29			192.10	
1941	30			192.10	
1942	31			192.10	
1943	32			192.10	
1944	33			192.10	
1945	34			192.10	
1946	35			192.10	
1947	36			192.10	
1948	37			192.10	
1949	38			192.10	
1950	39			192.10	
1951	40			192.10	
1952	41	15.95	16.39	192.10	
1953	42	17.35	17.83	208.96	
1954	43	17.74	18.23	213.66	
1955	44	20.30	20.86	244.49	
1956	45	22.83	23.46	274.96	
1957	46	24.47	25.15	294.72	
1958	47	24.81	25.50	298.81	
1959	48	27.36	28.12	329.52	
1960	49	31.23	32.09	376.13	
1961	50	32.24	33.13	388.30	
1962	51	33.22	34.14	400.10	
1963	52	35.36	36.34	425.88	
1964	53	36.24	37.24	436.47	
1965	54	34.56	35.52	416.24	
1966	55	35.07	36.04	422.38	
1967	56	35.95	36.94	432.98	
1968	57	37.02	38.04	445.87	

1969	58	36.93	37.95	444.78	
1970	59	37.93	38.98	456.83	
1971	60	37.94	38.99	456.95	
1972	61	39.63	40.73	477.30	
1973	62	48.69	50.04	586.42	
1974	63	68.45	70.34	824.41	
1975	64	64.98	66.78	782.62	
1976	65	66.78	68.63	804.30	
1977	66	68.62	70.52	826.46	
1978	67	71.05	73.01	855.73	
1979	68	80.87	83.11	974.00	
1980	69	98.29	101.01	1,183.80	
1981	70	105.79	108.71	1,274.13	
1982	71	104.35	107.23	1,256.79	
1983	72	104.84	107.74	1,262.69	
1984	73	102.13	104.95	1,230.05	
1985	74	98.71	101.44	1,188.86	
1986	75	95.50	98.14	1,150.20	
1987	76	95.50	98.14	1,150.20	
1988	77	94.01	96.61	1,132.25	
1989	78	93.66	96.25	1,128.04	
1990	79	93.09	95.66	1,121.17	
1991	80	93.24	95.82	1,122.98	
1992	81	89.82	92.30	1,081.79	
1993	82	92.08	94.63	1,109.01	
1994	83	94.07	96.67	1,132.98	
1995	84	101.01	103.80	1,216.56	
1996	85	100.00	102.76	1,204.40	
1997	86	99.54	102.29	1,198.86	
1998	87	100.14	102.91	1,206.08	
1999	88	95.58	98.22	1,151.16	
2000	89	97.31	100.00	1,172.00	

註：因 1951 年以前躉售指數無法取得，故僅以 1952 年躉售指數 15.95 取代

表 5-32：每公頃造林工數

年別	工作項目	工數	備註
第一年	新植整地	42.74	以一般砍伐跡地平均工數計
	新植測量	0.50	造林地預測及造林後實測每公頃 0.5 工
	苗木掘選包裝	1.33	每工 1,500 株
	苗木搬運	1.50	苗木搬運每公頃 1-2 工，以平均 1.5 工計
	栽植	15.38	新植以每公頃 2,000 株計，每工 130 株
	刈草	16.00	以 2 次計，每次每公頃 8 工
	第一次補植	4.00	補植率 20%，即每公頃 400 株，每工 100 株
	補植苗木掘選包裝	0.27	每工 1,500 株
	補植苗木搬運	0.30	苗木搬運每公頃 1-2 工，以平均 1.5 工計，補植率 20%
	步道新設	2.00	
	工寮補修	1.00	
	糧食搬運	1.00	
	小計	86.02	
第二年	第二次補植	2.00	補植率 10%，即每公頃 200 株，每工 100 株
	補植苗木掘選包裝	0.13	每工 1,500 株
	補植苗木搬運	0.15	苗木搬運每公頃 1-2 工，以平均 1.5 工計，補植率 10%
	刈草	32.00	以 4 次計，每次每公頃 8 工
	步道補修	1.00	
	工寮補修	0.50	
	糧食搬運	1.00	
小計	36.78		
第三年	刈草	18.00	以 2 次計，每次每公頃 9 工
	步道補修	1.00	
	工寮補修	0.33	
	糧食搬運	1.00	
	小計	20.33	
第四年	刈草	18.00	以 2 次計，每次每公頃 9 工
	步道補修	1.00	
	工寮補修	0.22	
	糧食搬運	1.00	
	小計	20.22	
第五年	刈草	10.00	以 1 次計，每次每公頃 10 工

	步道補修	1.00	
	工寮補修	0.22	
	糧食搬運	1.00	
	小計	12.22	
第六年	刈草	10.00	以 1 次計，每次每公頃 10 工
	步道補修	1.00	
	工寮補修	0.22	
	糧食搬運	1.00	
	交地測量	0.30	
	小計	12.52	
總	計	188.09	

(五)

表 5-33：本期造林培育一覽表（90 年至 99 年）

單位：公頃

年度	新植	劣化復育	營造複層林	合計	備註
90	9.85	360.30	8.25	378.40	
91	25.74	180.00	20.76	226.50	
92	36.52		21.90	58.42	
93	30.41		25.00	55.41	
94			13.00	13.00	
95			20.00	20.00	
96					
97	5.00			5.00	
98	5.00			5.00	
99	5.00			5.00	
合計	117.52	540.30	108.91	766.73	

(六)生產林地林型別年淨生長量、比重、轉換係數

表 5-34：林型別年淨生長量、比重、轉換係數一覽表

林 型	平 均 年 淨生長量	比 重	全株生長量 轉換係數	碳含量 轉換係數
針葉樹人工林	7.34m ³ /ha	0.4ton/ m ³	1.9	0.5
闊葉樹人工林	4.87m ³ /ha	0.65ton/ m ³	1.9	0.5
竹林人工林	0.55m ³ /ha	0.5ton/ m ³	2.0	0.5

(七)本處轄區人工林各年度林木生物量及碳含量估算

本處轄區人工林經估算至民國八十九年度林木總生物量為 5,044,109 公噸，碳總貯存量為 2,522,055 公噸，二氧化碳總貯存量為 9,247,535 公噸，並經本期造林後，至民國九十九年止，預估林木總生物量為 6,551,585 公噸，碳總貯存量為 3,275,792 公噸，二氧化碳總貯存量為 12,011,237 公噸。

表 5-35：人工林各年度林木生物量及碳含量估算一覽表

年 度	針葉樹 生物量	闊葉樹 生物量	竹 林 生物量	針葉樹 碳含量	闊葉樹 碳含量	竹 林 碳含量	總 計 生物量	總 計 碳含量
89	3,043,903	1,947,251	52,956	1,521,951	973,625	26,478	5,044,109	2,522,055
90	3,133,645	2,004,733	54,613	1,566,822	1,002,367	27,306	5,192,991	2,596,496
91	3,223,387	2,063,578	56,270	1,611,693	1,031,789	28,135	5,343,235	2,671,618
92	3,313,129	2,122,775	57,928	1,656,564	1,061,387	28,964	5,493,831	2,746,916
93	3,402,871	2,182,305	59,585	1,701,435	1,091,152	29,793	5,644,760	2,822,380
94	3,492,612	2,241,912	61,242	1,746,306	1,120,956	30,621	5,795,767	2,897,884
95	3,582,354	2,301,640	62,900	1,791,177	1,150,820	31,450	5,946,895	2,973,447
96	3,672,096	2,361,369	64,557	1,836,048	1,180,684	32,279	6,098,022	3,049,011
97	3,761,838	2,421,127	66,214	1,880,919	1,210,563	33,107	6,249,180	3,124,590
98	3,851,580	2,480,915	67,872	1,925,790	1,240,458	33,936	6,400,367	3,200,184
99	3,941,322	2,540,733	69,529	1,970,661	1,270,367	34,765	6,551,585	3,275,792

註：計算公式（IPCC 方法）

1. 造林木年生長量(m^3) \times 比重(公噸/ m^3) = 造林木樹幹年生物量(公噸)
2. 造林木樹幹年生物量(公噸) \times 全株轉換係數 = 造林木全株年生物量(公噸)
* 一般全株總生物量(含幹、枝、葉、根等部分)約為幹材總生物量之 1.3~2.0 倍, 故轉換係數以 1.3~2.0 估算
3. 造林木全株年生物量(公噸) \times 碳含量轉換係數 = 造林木碳年貯存量(公噸)
* 碳含量轉換係數以 IPCC 標準 0.5 估算
4. 造林木碳年貯存量(公噸) \times CO₂/C 分子量 = 造林木二氧化碳年貯存量(公噸)

(八) 地方性森林及土地利用部門 CO₂ 吸存、釋出之推估、預測模式建立及其更新改進之年度計畫

IPCC 方法係由每年各土地利用型、林型, 因人類活動及天然演替而導致森林面積及林木生長量的改變。而森林靠著光合作用將 CO₂ 與 H₂O 作用成碳水化合物 C₆(H₂O)₆, 也透過呼吸作用將碳水化合物分解為 CO₂ 與 H₂O, 因此, 再將光合作用的 C₆(H₂O)₆, 生產量減去呼吸作用的 C₆(H₂O)₆ 消耗量剩餘的淨碳水化合物, 以纖維方式存於樹木材內。因為各種林型的樹種組成不同、林分結構不同、蓄積量也不一; 而各樹種的生長趨勢、生長量也不一, 所以面積配合單位面積之蓄積量以及每年單位積之生長量, 以獲得單位面積、各樹種、林型木質材積增減量, 再利用各樹種木材的密度, 算出樹幹部份之木材生物量, 再由之換算出林木全株(樹葉、樹幹莖、根等)生物量, 更而由 (CO₂/C) 的分子量比值 (44/12) 推算 CO₂ 之吸存釋放量, 若以數式表示如下(馮豐隆 2000):

$$(1) V_{n+t} = V_n + I + G - C - M$$

式中 V_{n+t} : n+t 年的樹幹木質材積

V_n : n 年的樹幹木質材積

I: 晉級生長, 由 n 年~n+t 年間林木跳級木質材積

G: 留存林木生長量, 由 n 年~n+t 年間的林木木質材積生長量

C: 人為、天然損害之林木木質材積

M: n~n+t 年間因競爭而自然枯損量的林木木質材積

(2) 樹幹木質材積 \times 密度 = 樹幹木材生物量

(3) 樹幹木材生物量 \div (樹幹部份之木材生物量/全株木材生物量) = 全株木

材生物量

(4)全株木材生物量 $\times (44/12) =$ 全株林木 CO_2 之吸存量

(5)所以 $n+1$ 年每單位面積材積量為 n 年材積量加上 $n-n+1$ 年間晉級生長量，存留木生長量減去人為天然損害的量及自然枯死量。再由較易調查的樹幹木質材積，換算全株木質材質、全株材積（體積）乘上密度成生物量（碳水化合物重量）6 分子的碳水化合物，既然由 6 分子的 (H_2O+CO_2) 形成，所以 CO_2 與碳水化合物分子的 C 量一致，而 CO_2 與碳分子比為 44：12，所以形成一個莫耳的 C 需要 $(44/12)$ 個莫耳的 CO_2 。

但各土地利用型（林型）面積、樹種組成、林分結構、狀況、變遷，會隨地區而有所不同，為了解各地區的不同，所以針對地景方面的面積變化及林分、單株的性質及其生長加以研究，以便對單株、林分、地景層級的 CO_2 吸存做一地區性的資訊掌握。

所以本期亦進行探討有關森林及土地利用部門 CO_2 吸存，以獲各事業區之 (1)林型(土地利用型)之面積變動；(2)生物量推估模式；(3)生長量推估模式；(4)土壤 CO_2 吸存、釋出推估模式。

1、地景方面（林型分布面積變動之監測）：

以目前已有的地理資訊系統之林型(土地利用型)分布圖，生育地因子分布圖，與當年衛星遙測影像分析資料與去年地面實際調查資料，進行嘉義林區管理處阿里山、大埔、玉井、玉山事業區林型圖分布面積變動之監測。

「嘉義林區森林固定二氧化碳量估測之研究」子計畫 I

—應用遙測技術調查阿里山事業區植群林型之研究

The application of remote sensing techniques on the survey of forest type - a case of Alishan district

(1)擬解決問題：

本單元主要目的在探討利用多譜資料調查林型之效能，並比較不同的多譜資料調查林型之適用性。現有台灣地區可以取得的遙測多譜資料有 SPOT'、Landsat TM、IKONOS 等影像，各種資料之解析力變化很大，以台灣全島林區植群調查之尺度為標準，究竟以何種遙測資料較為適當，尚需依據各種資料的

解析力、資料的可取得性、容易度、經費等條件作綜合性的妥適評估，以選出比較適合的資料為研究材料。

(2)前人研究概況：

遙測資料再森林學的應用研究上已漸趨成熟，有關山區遙測資料易受到大氣效應及地形效應之影響，目前均已有適當的方法克服，例如可利用暗物消去法進行大氣輻射修正，日照反射率純化法消除地形效應之影響；因此探討如何利用遙測技術，分析大面積森林內之林型，遂成為落實遙測技術在森林經營上之重要方向。

(3)重要工作項目

- A、收集嘉義林區阿里山事業區之林型資料
- B、購買試區衛星多譜資料影像
- C、衛星資料前期處理
- D、訓練樣區林型光譜資料分析
- E、全區影像林型分類
- F、分類評估

2、林分與單株方面（生物量推估模式及生長量預測模式研究）：

以年齡、生育地因子、樹種林型等地景分類進行分層取樣規劃，分年在嘉義林區管理處阿里山、大埔、玉井、玉山事業區之台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等杉木類主要造林樹種之造林地，進行林木生物量推估，以生長錐及樹幹解析，配合 Soft-X-ray 掃描儀生長分析，進行生長監測。以地區性野外收集數據資料校正全台灣主要林型樹種之生物量推估模式及生長量預測模式等相關碳吸存效果之模式。

林木生長量計算與材質分析

林仁政

一、試驗材料

木材：杉木、柳杉、台灣杉、香杉(巒大杉)

木材材質計算主要分為地上部(木質部)和地下部(根部)。

地上部依據樹高每隔 1 公尺分別予以裁切試材。

二、木材性質評估

(一)密度剖面

從木材髓心(中心部)到韌皮部(表皮)的密度剖面。

$$\text{密度(g/cm}^3\text{)}=\text{重量(g)}\text{/體積(cm}^3\text{)}$$

(二)顏色變化

將試材以色差計(CR-200)測定其顏色變化，並可經由色差值 ΔE^* 的大小來判斷其顏色變化。顏色的變化是以國際照明委員會 (Commission International del' Eclairage; CIE)於 1976 推薦之 CIE 所建立之 L^* 、 a^* 、 b^* 值(表色體系)來表示顏色差異之方法。 L^* 表色之明度(light)，完全白色為 100，絕對黑為 0； $+a^*$ 表示為紅色， $-a^*$ 表示為綠色， a^* 值越大表示越偏向紅色，負值越大顏色越偏向綠色； $+b^*$ 代表黃色， $-b^*$ 為藍色的代表。測定木材從髓心到表皮之顏色變化。

(三)含水率測定

測定木材從髓心到表皮之含水率變化。再由含水率預估其絕乾重，可做為木材絕乾重換算其 CO_2 之固定量。

$$\text{含水率(\%)}=[\text{氣乾重(g)}-\text{絕乾重(g)}]\text{/絕乾重(g)}\times 100$$

(四)平均年輪寬：以 mm 表示。

(五)比重：評估氣乾和絕乾比重，比較生長速率與比重間之關係。

(六)收縮率

試材以測微器(micrometer)量出氣乾材之纖維方向(fiber direction)、徑向(radial direction)、弦向(tangential direction)之尺寸，並秤出氣乾重量；然後置於 105°C 烘箱中乾燥至恆重，並量取纖維方向、徑向、弦向之尺寸與絕乾重量，計算試材之收縮率，計算式如下：

$$\text{收縮率 } S_r(\%)= [(L_1-L_0)\text{/}(L_1)] \times 100 (\%)$$

L_1 ：絕乾前之尺寸(cm)

L_0 ：絕乾後之尺寸(cm)

(七)強度變化

1. 縱向壓縮強度

載重方向與試材木理成平行，載重速度以每分鐘應力不超過 150 kgf/cm^2 為準，計算其最大抗壓強度，計算公式為：

$$\sigma = P_{\max} \text{ / } A$$

σ ：縱向壓縮強度(kgf/cm²)

P_{\max} ：最大載重(kgf)

A：載重面積(cm²)

2. 靜曲強度

使用中央集中荷種方式，跨距為試材厚度之 14 倍即 28 公分，承受載重面為弦向面，由載重及撓度曲線圖求出各試材比例限界之應力、破壞係數(modulus of rupture, MOR)及彈性係數(modulus of elasticity, MOE)，其計算公式如下：

$$\text{MOR(kgf/cm}^2\text{)}=(3P_{\max}\cdot L)/(2\cdot b\cdot h^2)$$

$$\text{MOE(kgf/cm}^2\text{)}=(\Delta P\cdot L^3)/(4\cdot \Delta D\cdot b\cdot h^3)$$

P_{\max} ：最大載重(kgf)

ΔP ：比例限界之載重(kgf)

ΔD ：比例限界撓曲量(cm)

L：跨距(cm)

b：試材寬度(cm)

h：試材厚度(cm)

軟 X-射線-微密度計法解析立木年輪寬度及密度實習

詹明勳博士

I. 前言

X-射線分析法自從二十世紀發明後，就廣泛應用於工業上結晶結構之分析。其他尚有應用在金屬結構分析、薄膜分析、元素分析、組成分析等。而後應用的範圍逐漸擴大到醫學、醫藥、農林及其他領域。木材性質有關的研究以木材密度測定、樹木年輪構造解析、木材腐朽評估、塗膜層性質測試、膠合層性質測試等，其他亦可利用於合板及粒片板等木材非破壞性檢測。

軟 X-射線-密度計的發展對樹木年輪分析、古環境變遷研究及木材品質的評估提供更開闊的視野及研究的潛力。為了各種不同的目的，世界各地的樹木年輪研究室使用軟 X 射線密度計分析樹木年輪的樹蕊試片。軟 X-射線-微密度計

(Soft x-ray micro-densitometer) 對於樹木年輪學相關的研究是一項重要的基礎工具，可以應用的範圍包括樹木年輪年代學(dendrochronology)、樹木年輪氣候學(dendroclimatology)、樹木年輪生態學(dendroecology)、林木育種、育林學、森林經營學及木質材料學等。

軟 X-射線與硬 X-射線(Hard X-ray)之差別，主要是依其穿透力的大小不同而分，軟 X-射線的穿透力較弱而硬 X-射線的穿透力較強，前者能夠穿透 7 mm 的木材，而無法穿透 7mm 的鋁片，硬 X-射線就能穿透 7 mm 的鋁片。再以波長加以區分，軟 X-射線的波長大約在 3-12Å 之間，而硬 X-射線的波長在 3Å 以下。

軟 X-射線-微密度測定法，可以對木材密度做準確的測定，對於一些傳統測定法較難完成的項目，如年輪連續性密度變異、樹木年輪內及樹木年輪間密度的變異，可以配合微密度計精確測定，獲得樹木年輪的特徵值(樹木年輪密度、寬度)是樹木年輪學相關研究一項重要的工具。

軟 X-射線微密度測定法，是將試片置軟 X-射線與底片之間，當 X-射線穿透樹蕊試片時，因樹蕊試片各部分密度不同使穿透的光量不同，而使底片的感光程度有異。再利用微密度計將底片加以解析，則可將感光度，用光學濃度 (AD) 表示出。

樹蕊試片內高密度的部分，X-射線透射較少，底片粒子感光較少，使感光粒子殘留於底片較少，因此高密度的部分如秋材，在底片的濃度較低(顏色較淺)；而低密度的春材，在底片上的濃度較高(顏色較深)。

若我們將 X-射線的原理，再作進一步的了解，這些光學現象就更加清楚。如圖 1：入射 X-射線的強度為 I_0 ，穿透過厚度 d (mm)與密度 ρ (g/cm³)的樹蕊試片，樹蕊試片吸收 X-射線的能量，透過試片後，X-射線的強度只剩下 I 。

$\ln(I_0/I)$ 稱為光學濃度，是微密度計解析底片所得的記錄。由 Beer 法則，我們知道，密度是與 $\ln(I_0/I)$ 成正比，所以密度愈大的部分，其 X-射線透過強度 I 愈小，所以底片的感光程度較低而呈現較淺顏色。又由於樹蕊試片密度 ρ (g/cm³)與光學濃度 $\ln(I_0/I)$ 成正比，所以可以利用光學濃度的差異判定樹蕊試片密度變化。

在這個領域中先驅的研究者首推法國的 Polge 應用在樹木年輪寬度及密度上，獲得精確性很高的密度與寬度值資料(Polge 1963, 1965a, 1965b, 1966, 1967, 1970a, 1970b, 1971a, 1971b, 1971c; Polge and Garros 1971; Polge nad Keller 1969; Polge and Nicholls 1971)。方法上隨科技進步而不斷的改進，加拿大林務

署 Parker *et al.*(1973)，則研發出可以直接對木材試片進行掃描的軟 X-射線系統，使分析能更快速的進行。斯時計算機資料處理的量及速度，仍然是這個方法主要的限制。且由於軟 X-射線設備昂貴，並非相關實驗室或研究機構所能普及擁有。雖然技術已發展到可以運用的階段，但是有僅限於歐美及日本幾個國家，擁有這種昂貴的設備。台灣最近 10 年才擁有高解析並且精密的軟 X-射線設備。期望得到台灣雲杉樹木年輪內密度與寬度之連續變動值。

II. 實習材料與方法

(II) 試材準備

- 1、生長錐 (increment borer)：生長錐使用技巧主要以生長錐在胸高直徑(1.3m)處鑽取樹蕊(core)，鑽取前生長錐內刀先整支塗抹石蠟(若將石蠟溶融以後整支生長錐內刀浸入更佳)，鑽取前先判斷立木木理走向，鑽取盡量與木理走向垂直方向鑽取，樹蕊外觀可獲得同心圓之年輪，切割方向則與導管或管胞方向垂直，每個導管或管胞則清晰可見。
- 2、樹蕊試片的切割：試片在恆溫恆濕下調整木材含水率至 12-15% 左右，樹蕊試片保持穩定的含水率，再用動物性蛋白膠，固定在預先製作具有凹槽的木製砧板(圖 3)，切割時可避免表面燒焦。木製砧板的材料(越南檜木、阿拉斯加扁柏)以無節且材質切割性佳為考慮的重點。動物性蛋白膠粉末(gelatin powder)具有熱水溶特性，因此在熱水浴(70°C)中蛋白膠之流動性增加，可平均的佈入凹槽內。樹蕊植入凹槽時，應先審視樹蕊各個切面(橫、縱及弦切面)，植入時應以橫切面向外(圖 3)，充分的與凹槽緊密黏貼，以免造成切割時撕裂。平台鋸切割樹蕊時，鋸片厚度及鋸齒的大小間格於切割針葉樹材及闊葉樹材有所不同。切割時應注意試片通過鋸齒的速度，太快或太慢會有表面燒焦的狀況，因此控制一定的速度非常重要。樹蕊切割成厚 2mm、寬 5mm，且必須要保持兩面光整平滑。長度則視當時鑽取時的長度而定。
- 3、抽出：以甲醇(98 %)為抽出液，使用 1L 的量筒(直徑=10cm，高度=55cm)作為樹蕊抽出的容器(量筒長度適合樹蕊長度，可以不必將樹蕊折斷。抽出液蒸餾後回收，不做分析用)。量筒開口上裝置冷凝管，並用膠帶將封口封住避免甲醇散出，隔水加熱，水溫保持(70°C)，抽出時間 24 小時，一次可以進行 30 枝樹蕊，若抽出液顏色變為深褐，應將抽出液換新(Varem-sanders *et al.* 1996)。
- 4、調整樹蕊含水率：樹蕊在恆溫恆濕箱中調整含水率至 12-15%。樹蕊取出進行

X-射線穿透攝影時需注意含水率之變化並於恆溫恆濕的空調室內進行拍攝，拍攝前樹蕊應置封口袋內，以防止樹蕊含水率過早發生變化。

(III)測定裝置

軟 X-射線設備之型號為 HP CABINE X-ray system series MODEL43855B，並配置有自動沖洗負片底片暗房一間，可供沖洗底片。主要作為一般材料非破壞性檢測之用。通過樹蕊試片的 X-射線光束必須充分平行，避免影像壓縮。照射前 Wedge 與試片必須先排列在底片上，排列方法如圖 4 所示。

照射及沖洗底片條件如下：

- 1、X-射線距離樹蕊試片 62.5 cm，照射底片的範圍 25.4cm x 11.5 cm (4.5 in x 10 in)，底片為 Kodak Industrex film M (ready pack II)。
- 2、X-射線強度 14 (PkeV) 3 (mA) 照射時間 7 分鐘，或者 X-射線強度 12 (PkeV) 3 (mA) 時間 10 分鐘均可得一致的效果。
- 3、底片沖洗時間：5 分鐘定影，1 分鐘沖水，20 分鐘顯影，再沖水 5 分鐘。定影與顯影藥水溫度保持在(35°C)。放入烘箱(60°C)烘乾底片。

(IV)木材密度測量

1、微密度計：(日製型號：Model MPM-2 Micor-photometer)

(1)機器可調整特性：測定最小面積為 $4 \mu\text{m}^2$ ，最大濃度 4.0D (D 值表示微密度計對 X-射線底片測定之相對黑度，底片愈黑，D 值愈大。D 值最大為 4，最小為 0)。X、Y 方向的檢測狹縫可獨立調整在 100 X 倍率下，光學解析度可達 $1 \mu\text{m}$ 。檢測速度每秒 2mm，並具備高安定性的光源及增幅器，可使測定誤差縮減至 $\pm 0.02D$ 。

(2)檢測使用條件：光源強度(HV=700)，檢測目鏡 10X，檢測速率 2mm/sec，檢測面積 $100 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$ 。

2、類比信號/數位信號卡(PCL818)(A/D board：Analogue signal / Digital signal board) 數位化及電壓資料儲存

(1)微密度計掃描的光學濃度值，以電壓(Voltage)值輸出類比訊號，一般掃描底片濃度值的範圍 0D-4.0D，電壓值先經 PCLD-780 以決定進入 PCL-818 的頻道(channel)，目前因為只有微密度計的電壓進入，因此接的位置為 channel 0 (Fukazawa *et al.* 1990)。

(2)PCL-818：電壓訊號由類比訊號轉換成數位資料，PCL-818 card 裝置在個人電腦(Pentium 586)，透過 GENIE™ 軟體控制 PCL-818，監控微密度計掃描的過程及訊號儲存的起始，一般進入電腦的數位訊號以 ASCII file 文字檔的格式儲存，整個軟 X-射線微密度計作業方法流程如圖 5 所示 (Fukazawa *et al.* 1990)。

(V)光學濃度-數位電壓訊號-木材密度之轉換

1、光學濃度非線性迴歸指數式的衰變式 1(Nonlinear Regression Exponential Decay)

由 GENIE™ 軟體所擷取的數位電壓資料以 ASCII file 文字檔格式儲存在電腦硬碟中。同時 Wedge 用微密度計掃描後資料用相同的格式儲存。本研究所使用的 Wedge 是連續式(continuous type) (Varem-sanders *et al.*, 1996)。Wedge(圖 4)：長 2.496 cm、寬 0.5 cm、厚 0.01-0.5 cm。Wedge 有關密度基本屬性：Wedge density = 1.165 or 1.142 g/cm³、Wedge volume = 0.299 cm³、Wedge weight = 0.35 g。Wedge 校正常數(wedge calibration -constant) = 0.6621(Varem-sanders *et al.* 1996) 為適合各不同樹種之使用，必須配合各樹種之木材物理屬性，尤其是照射 X-射線時的木材含水率，予以重新校正，方法如下：

re-calibration constant =(calibration-constant) × (basic density correction factor / wood moisture content)。

台灣雲杉有關基本密度的因素(basic density factor)計有容積比重／絕乾比重=0.434／0.472=0.919，樹蕊試片調濕後照射 X-射線時的含水率 15% 為 wood moisture content。因此重新校正常數(re-calibration- constant) = 0.6621 × 0.919 /1.15 =0.5291。作為木材密度分析時，厚度 2mm 處之 Wedge 密度 0.5291 g/cm³。

2、Wedge 之非線性迴歸指數式衰變式校正曲線(Non-linear regression exponential decay curve of Wedge)

X-射線對物質的穿透量與該物質分子量的 2 倍成反比，因此物質密度對 X-射線的透過量呈非線性迴歸指數式衰變式，所以用非線性迴歸指數式衰變式重新校正曲線較為適合，另外用雙曲線式擬合也可得到很好的結果

(Fukazawa *et al.* 1990)。由微密度計掃描 Wedge 後得到數位(A/D)值(圖 6)用非線性迴歸指數式衰變式重新校正曲線，以預測值(prediction value)重新估算木材的密度。這些程序將數位(A/D)值匯入 Microsoft EXCEL 確定 Wedge 之掃描點數，微密度計掃描的點間距離為 0.0241mm，因此長度 24.96mm 之 Wedge 由 1037 個點所涵蓋。非線性迴歸指數式衰變式用 SPSS SIGMAPLOT 計算而得到預測值。

3、數位電壓值-木材密度值轉換(Conversion of Digital Voltage Value to Wood Density)

預測值與 Wedge 掃描點位置相互對照，找到 Wedge 長度 1 cm 處，因為此點 Wedge 厚度 2mm，設定此點密度為 0.5291 g/cm³，以內差法計算木材密度。公式如下：木材密度值 = [0.5219 x 樹蕊試片(A/D 值) - 0.5219 x Wedge 0cm 處 (exponential decay predication value(A/D))] / - [Wedge 1cm 處 (exponential decay predication value(A/D)) - Wedge 0cm 處(exponential decay predication value (A/D))]。木材密度值換算完成後，以試算表的形式(.XLS)的附屬檔名儲存在硬碟中這些程序在 Microsoft Software EXCEL 完成。本研究換算之台灣雲杉密度為絕乾密度(oven dry density)，因此文中所表示之台灣雲杉密度皆用絕乾密度表示。

(V)樹木年輪資料解析

樹木年輪密度連續的資料，解析為 8 種樹木年輪的特徵值。日本山形大學農部野掘嘉裕(1989)撰寫的 Tree-Ring Analysis Program 可以用來解析樹木年輪密度連續資料。該程式可以在 WIN95 作業系統執行。本研究將該原始程式 Microsoft software Visual Basic 加以修改以適用於視窗 95 中英文的作業系統。該程式主要功能可以增加或削除早晚材部份以利定年(dating)(精確的定出樹蕊試片每一年的寬窄變化)，並且由樹木年輪密度連續的圖譜變化計算 8 個樹木年輪的特徵值，自動儲存為附屬檔名為(prn)的文字格式，文字格式中包含(表 1)之 8 種樹木年輪特徵值，及附屬檔名為 bmp)的圖形格式，該圖可以與 X-射線負片進行定年比對，增加定年的快速及精確性。

經由 EXCEL 軟體處理的樹木年輪密度連續資料，每次擷取 2500 點，拷貝後轉入 SIGMAPLOT 軟體，將密度資料格式由單一向量的資料，改為橫向的資

料格式，並且拷貝轉入小作家軟體轉存成 ASCII 文字檔的格式附屬檔名為(dat)，即可進入本分析程式使用。

(VI)早材及晚材境界(boundary)的決定

依據 Mork (1926)劃分早晚材管胞的定義，細胞之 2 倍管胞壁厚度等於管胞腔寬度時視為早材與晚材的境界。將 X-射線負片以 100 倍光學顯微鏡觀察，可以清晰分辨管胞腔(黑色)及管胞壁(白色)，從樹木年輪境界開始(圖 7：X 軸 1↑的位置)算起到晚材細胞的位置(圖 7：X 軸 3↑的位置)則是早晚的境界(Parker, 1973)。全部取樣的 20 株樹蕊試片中，本研究選取其中 10 株樹蕊試片，觀察 50 個樹輪，包含心材與邊材兩部份的早晚材平均境界值加以平均，訂定出早晚材密度境界值為 560 kg/m^3 ，如圖 7(X 軸 3 的位置為早晚材密度境界，X 軸 5 的位置為晚早材密度的境界為 500 kg/m^3)所示。

Phillips *et al.* (1962)及 Polge (1965)訂定出美國花旗松(Douglas fir)及歐洲赤松(European Silver fir)早晚材密度境界分別為 540 kg/m^3 及 550 kg/m^3 。Fukazawa *et al.* (1990)研究日本雲杉(*Picea glehnii*)，訂定出其早晚材密度境界為 550 kg/m^3 與歐洲赤松相同。Schweingruber (1993)文獻中列舉落葉松屬的 *Larix laricina*(東部落葉松 eastern larch)的早晚材密度的境界為 580 kg/m^3 、雲杉屬的 *Picea engelmannii*(英格蘭雲杉 engelmann spruce)的早晚材密度的境界為 440 kg/m^3 。早晚材密度的境界雖為同一樹種，由於各地區之生育地條件與氣候條件不同，早晚材密度的境界也會略有不同。

早晚材密度境界的訂定，影響早材寬度與晚材寬度的精確度，早材密度與晚材密度亦有相同影響。選取的樹種若生態幅度太大，早晚材密度境界的訂定不易，若省略早晚材密度境界的訂定，僅能獲得樹木年輪內 4 個樹木年輪特徵值(年輪平均寬度、年輪平均密度、最小密度與最大密度)。樹木年輪氣候學的研究常以與樹木年輪寬度與最大密度為參數與氣候因子求相關性(Snader *et al.* 1995)。

(VII)年輪內 8 個樹輪特徵值資料的輸出

Tree-Ring Analysis Program 程式分析全部取樣的 20 株台灣雲杉樹蕊試片之樹木年輪內密度連續資料結果如表 2 所示，平均年輪寬度為 1.320mm，早材平均寬度 0.840mm，晚材平均寬度 0.480mm。樹木年輪內密度生長輪平均密度 499 kg/m^3 ，早材部平均密度 415 kg/m^3 ，晚材部平均密度 639 kg/m^3 ，最低早材密

度 322 kg/m^3 ，最高晚材密度 699 kg/m^3 。台灣雲杉 8 個樹木年輪特徵值在徑向軸上的樹齡變動如圖 9 所示，經時變動自 1830 年到 1998 年共計 169 年。

依據 Nobori *et al.* (1991) 用軟 X 射線-微密度計對 50-60 年生之日本雲杉進行年輪內密度分析，結果顯示早材部平均密度在 $350\text{-}400 \text{ kg/m}^3$ 之間變動，晚材部平均密度在 $600\text{-}700 \text{ kg/m}^3$ 之間，最低早材密度在 $200\text{-}300 \text{ kg/m}^3$ 之間，最高晚材密度在 $720\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ 之間。比較台灣雲杉與日本雲杉之年輪內密度各項特徵值差異，發現早材部平均密度與最低早材密度高於日本雲杉者，晚材部平均密度相當近似，而最高晚材密度值則較低。

(VIII) 電子式密度計實測值之比較

軟 X 射線-微密度計分析台灣雲杉樹蕊的試片後，進一步以密度解析度 0.001 g/cm^3 (density resolution 0.001 g/cm^3)，最大承載重量 200g (capacity = 200g) 之電子式密度計 (MD-200S MFD by A&D LTD) 驗證所測樹蕊試片密度的正確性。將選取全部 20 株樹蕊試片中的 10 株切割成適合電子密度計分析之尺寸 (長度 8 cm) 進行，結果如表 3。

軟 X-射線微密度計與電子密度計分析之樹蕊試片密度兩者差異不顯著 ($t = 1.5$ Prob > $T = 0.1448$)，依據王氏 (1983) 所測台灣雲杉之絕乾比重為 472 kg/m^3 ，與本研究之密度值相差 27 kg/m^3 。

其他樹種如鐵杉、紅檜及冷杉，依據上述方法，調整 Wedge 參數值，是否可以獲得正確的密度值，有待下一步的實驗探討。

1、土壤碳吸存與 CO_2 釋放速率：

(1) 土壤碳吸存量

採樣點的選擇包括林型、海拔高、方位、坡度、雨量、母岩等等。

選定樣點後，以 4 mm 鐵絲圍成一個直徑 40 cm 的鐵圈，將鐵圈固定在地表後，分層採樣。在枝葉層區分為 L、F 和 H 層，L 層為新鮮落葉層，F 層為半分解的枯落物，依稀可辨別其來源，而 H 層為完全分解的疏鬆狀物質。將鐵絲內的 L、F 和 H 層分層裝入紙袋內。在土壤層部分，區分為 0-5 cm、5-10 cm、10-20 cm、20-30 cm 和 30-40 cm 五層，先以土壤採樣筒採樣，供測定其土壤含水率及容積密度 (bulk density) 之用，另外帶回約 200 g 土壤，供測定土壤養分分析之用，此外在鐵圈範圍內的各層根系與石塊也一並帶回，供測定各層的含石量之用。

所採試樣於實驗室進有機質分析、全氮分析、pH 值測定等。

由所測得的各土層的容積密度與土壤含水率及有機質量可換算出該採樣試區的土壤碳吸存量。並可進行與其他土壤性質(氮含量、pH 值...)以及其他因子的相關性檢定。用來推估全林地的碳吸存量。

本項土壤分析試驗每隔 3 個月進行採樣一次。

(2)CO₂釋放速率

就上述(A)項所選定的樣區內，架設資料收集器(Data logger)，收集樣區內氣溫、土溫(5 cm, 15 cm)、土壤水分含量(5 cm, 15 cm)等微環境因子。每隔 15 分鐘監測一次，每隔 2 小時作一次平均，並記錄，一天共 12 筆資料。

製作土壤呼吸採樣壓克力罩長寬各為 30 cm 高 40 cm，置於土壤上方，內置攪拌風扇均勻氣體，經 30 分鐘後以遠紅外線氣體分析儀測定罩內 CO₂ 濃度，之後移走呼吸罩，使測點土壤上方氣體與外界達成平衡，然後再進行下一次的測定，每隔 4 小時測定一次，持續 36 小時的連續測定，取得樣區內 CO₂ 釋放量的連續值。所得 CO₂ 連續釋放值配合微環境因子監測值估算全林分土壤 CO₂ 年釋放量。

本項試驗每 2 個月進行一次監測，微環境因子則全年自動偵測。

本地方性森林及土地利用部門 CO₂ 吸存、釋出之推估、預測模式建立及其更新改進之年度計畫，除委辦進行前置規劃設計後，以每五年為一週期進行調查評估分析與修正建立碳吸存釋放之模式，並透過訓練進行技術轉移，茲將第一週期（前五年）工作調查方式與經費需求分述如下：

1、第一週期（前五年）工作調查內容：

- 第一年：(1)以目前已有的地理資訊系統之林型(土地利用型)分布圖，生育地因子分布圖，與當年衛星遙測影像分析資料與去年地面實際調查資料，進行阿里山事業區林型圖分布面積變動之監測
- (2)並進行阿里山事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之地上部與地下部生物量比值，樹冠與胸徑、材積進行林木生物量推估模式建立與模式校正。
- (3)進行阿里山事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之造林地之永久樣區調查、樣木樹幹解析與生長錐之年輪分析，以進行林木生物量生長調查、模式建立與模式校正。

(4)土壤 CO₂ 吸存、釋出推估模式：新購第一套儀器設備，監測阿里山事業區，校正野外收集數據的穩定性。

第二年：(1)以目前已有的地理資訊系統之林型(土地利用型)分布圖，生育地因子分布圖，與當年衛星遙測影像分析資料與去年地面實際調查資料，進行大埔事業區林型(土地利用型)分布圖更新，持續阿里山事業區林型面積變動之監測與推算。

(2)並進行大埔事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之地上部與地下部生物量比值，樹冠與胸徑、材積進行林木生物量推估模式建立與模式校正。

(3)進行大埔事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之造林地之永久樣區調查、樣木樹幹解析與生長錐之年輪分析，以進行林木生物量生長調查、模式建立與模式校正。

(4)土壤 CO₂ 吸存、釋出推估模式：持續阿里山事業區的監測，再添購第二套儀器設備，監測大埔事業區。

第三年：(1)以目前已有的地理資訊系統之林型(土地利用型)分布圖，生育地因子分布圖，與當年衛星遙測影像分析資料與去年地面實際調查資料，進行玉井事業區林型(土地利用型)分布圖更新，持續阿里山事業區、大埔事業區林型面積變動之監測

(2)進行玉井事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之造林地之永久樣區調查、樣木樹幹解析與生長錐之年輪分析，以進行林木生物量生長調查、模式建立與模式校正。

(3)並進行玉井事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之地上部與地下部生物量比值，樹冠與胸徑、材積進行林木生物量推估模式建立與模式校正。

(4)土壤 CO₂ 吸存、釋出推估模式：第二套儀器設備持續大埔事業區的監測，第一套儀器設備遷移至玉井事業區監測。

第四年：(1)以目前已有的地理資訊系統之林型(土地利用型)分布圖，生育地因子分布圖，與當年衛星遙測影像分析資料與去年地面實際調查資料，進行玉山事業區林型(土地利用型)分布圖更新，持續阿里山事業區、大埔事業區、玉井事業區林型面積變動之監測。

- (2)進行玉山事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之造林地之永久樣區調查、樣木樹幹解析與生長錐之年輪分析，以進行林木生物量生長調查、模式建立與模式校正。
- (3)並進行玉山事業區台灣杉、巒大杉、杉木、柳杉等主要造林樹種之地上部與地下部生物量比值，樹冠與胸徑、材積進行林木生物量推估模式建立與模式校正。
- (4)土壤 CO₂ 吸存、釋出推估模式：第一套儀器設備持續在玉井事業區監測。第二套儀器設備遷移至玉山事業區監測。

第五年：(1)持續玉山事業區林型面積變動之監測，並將阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區林型面積變動之監測資料綜合評估分析。

- (2)進行阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區之林木生物量推估模式、生長量推估模式、土壤 CO₂ 吸存釋出推估模式綜合評估分析與校正。

2、第一週期（前五年）工作經費需求：

表 5-36：林型分布面積變動與生物量推估模式及生長量預測模式研究部分的經費需求 (單位：萬元)

	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	備註
工資	35	35	35	35	35	第二年開始監測兩處事業區
業務費	10	10	10	10	10	
租金	10	10	10	10	10	車輛與 Xray 掃描儀
旅費	15	15	15	15	15	第二年開始監測兩處事業區
材料費	25	25	25	25	25	航空照片 LANDSAT 四幅/年, soft Xray 試材
搬運費	25	25	25	25	25	
遙測分析	50	50	50	50	50	航空照片判釋與衛星影像處理
合計	200	200	200	200	200	

表 5-37：土壤碳吸存釋出量與速率探討部分的經費需求 (萬元)

	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	備註
工資	15	25	25	25	25	第二年開始監測兩處事業區
業務費	6	6	7	7	7	
維護費	4	4	8	8	8	
旅費	10	15	15	15	15	第二年開始監測兩處事業區
材料費	25	25	15	15	15	
設備費	35	35	--	--	--	前二年新購儀器，後二年無
合計	95	110	70	70	70	

(九)本期碳吸存評估計畫經費明細表

表 5-38：本期經營計畫促進碳吸存森林經營計畫實施明細表

年度	工作項目	工作內容	預估金額 (千元)	備註
90	委辦地方性 CO ₂ 吸存模式建立規劃與樣木樣區測站選定	1.林型圖面積分佈變動監測 2.生物量推估模式建立 1.生長量預測模式建立 2.森林土壤 CO ₂ 釋放與吸存模式建立 1.森林碳吸存與釋放量之推估	1,000	
91	森林碳評估委辦	阿里山事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行阿里山事業區林型(土地利用型)分布圖更新與面積變動之監測	2,000	
	土壤碳評估委辦	阿里山事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 新購第一套儀器設備監測阿里山事業區及校正其野外收集數據的穩定性。	950	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	600	
	小計		3,550	

年度	工作項目	工作內容	預估金額 (千元)	備註
92	森林碳評估委辦	大埔事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行大埔事業區林型（土地利用型）分布圖更新，持續阿里山事業區林型面積變動之監測與推算	2,000	
	土壤碳評估委辦	大埔事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 新購第二套儀器設備監測大埔事業區及校正其野外收集數據的穩定性，並持續第一套儀器設備監測阿里山事業區。	1,100	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,900	
93	森林碳評估委辦	玉井事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行玉井事業區林型（土地利用型）分布圖更新，持續阿里山、大埔事業區林型面積變動之監測與推算	2,000	
	土壤碳評估委辦	玉井事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第二套儀器設備持續監測大埔事業區，並將第一套儀器設備移至玉井事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。	700	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	

年度	工作項目	工作內容	預估金額 (千元)	備註
94	森林碳評估委辦	玉山事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行玉山事業區林型（土地利用型）分布圖更新，持續阿里山、大埔及玉井事業區林型面積變動之監測與推算	2,000	
	土壤碳評估委辦	玉山事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第一套儀器設備持續監測玉井事業區，並將第二套儀器設備移至玉山事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。	700	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	
95	森林碳評估委辦	持續玉山事業區林型面積變動之監測，並將阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區林型面積變動之監測資料綜合評估分析。 阿里山事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行阿里山事業區林型（土地利用型）分布圖更新與面積變動之監測 進行阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區之林木生物量推估模式、生長量推估模式綜合評估分析與校正。並完成本林區碳吸存與釋放量之推估。	2,000	
	土壤碳評估委辦	進行阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區之 CO ₂ 吸存釋放量綜合評估分析。 阿里山事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並	700	

年度	工作項目	工作內容	預估金額 (千元)	備註
		以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第二套儀器設備持續監測玉山事業區，並將第一套儀器設備移至阿里山事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。		
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	
96	森林碳評估委辦	大埔事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行大埔事業區林型（土地利用型）分布圖更新與面積變動之監測，持續阿里山事業區林型面積變動之監測與推算。	2,000	
	土壤碳評估委辦	大埔事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第一套儀器設備持續監測阿里山事業區，並將第二套儀器設備移至大埔事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。	700	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	600	
	小計		3,500	
97	森林碳評估委辦	玉井事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行玉井事業區林型（土地利用型）分布圖更新，持續阿里山、大埔事業區林型面積變動之監測與推算	2,000	
	土壤碳評估委辦	玉井事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以	700	

年度	工作項目	工作內容	預估金額 (千元)	備註
		遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第二套儀器設備持續監測大埔事業區，並將第一套儀器設備移至玉井事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。		
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	
98	森林碳評估委辦	玉山事業區內主要樹種選定、生物量推估模式、生長量預測模式、樹幹解析等森林碳評估經營模式建立與模式校正監測 利用航空照片判釋與衛星影像處理遙測分析比對進行玉山事業區林型（土地利用型）分布圖更新，持續阿里山、大埔、玉井事業區林型面積變動之監測與推算	2,000	
	土壤碳評估委辦	玉井事業區內土壤碳吸存之樣點選定、分層採樣與分析，以推估全林地碳吸存量，架設資料收集器收集樣區內微環境因子資料並以遠紅外線氣體分析儀測定 CO ₂ 釋放量，以推估全林分土壤 CO ₂ 釋放量。 第一套儀器設備持續監測玉井事業區，並將第二套儀器設備移至玉山事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。	700	
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	
99	森林碳評估委辦	持續玉山、阿里山、大埔、玉井事業區林型面積變動之監測，並將阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區林型面積變動之監測資料綜合評估分析 進行阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區之林木生物量推估模式、生長量推估模式綜合評估分析與校正。並完成本林區碳吸存與釋放量之推估。	2,000	
	土壤碳評估委辦	進行阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區之 CO ₂ 吸存釋放量綜合評估分析。	700	

年度	工作項目	工 作 內 容	預估金額 (千元)	備 註
		第二套儀器設備持續監測玉山事業區，並將第一套儀器設備移至阿里山事業區監測及校正其野外收集數據的穩定性。		
	管理費用	會同勘查碳評估調查、僱用臨時工與其他費用	800	
	小計		3,500	
	合 計		32,950	

二、促進碳吸存之作業

由於森林吸存大氣二氧化碳量的多寡取決於森林淨生長量，未受干擾的天然林雖可吸收大量二氧化碳，但森林群落中的其他植物、動物和微生物呼吸量大，枯枝落葉大量分解消耗有機質而釋出二氧化碳，因此天然林吸收和釋放的二氧化碳量基本上是平衡的，天然林在碳貯存量雖然保存有高蓄積，但其生產量與枯死量略維持平衡，淨生長量大致為零，故未來森林經營將以人工造林地為主要對象，不僅可保存生物多樣性，也可兼具碳貯存；建造更多集約經營的速生樹種人工林，可補足抵償每年大氣中增加的二氧化碳量。天然林若原本林相優良，天然更新能力強的林分，自然無需多作干擾，如果天然林蓄積低，生長量差，林相不良的低生產力森林，則有改善天然更新的空間與潛力，故對現有森林合理經營管理，將快速有效地增加二氧化碳吸存量。

以往造林向採砍伐跡地以直營或發包方式，選擇成活率高、初期生長快、輪伐期短、經濟價值高之樹種進行人工造林，營造一林分形狀整齊化、樹種組成單純化、結構層次簡單化、經營考量單元化的經濟林，形成單一化育林體系，雖有易於收穫管理之優點，但卻會大幅降低森林生態系原有生物多樣性，而無法維持正常生物多樣性，並造成生態系種類組成、結構與功能上的劇變，無法保持生態完整性，致大幅降低二氧化碳吸存量。為以育林技術合理經營森林，發揮經濟及國土保安之最大效益，並提高碳貯存量，本處將朝向多元化育林體系，並以下面方針進行林木培育工作：

- 一、選擇鄉土樹種、材質優良、樹形良好及延長輪伐期規劃育林。
- 二、營造複層林以達成林分結構多樣性及增加水土保持功效，並應有適度之地被植群，但為利作業進行，育林行株距得為齊一或均勻分佈。

- 三、善加利用生物性遺傳，凡經由天然更新途徑出現於林地之樹種，若具經濟價值，應視同造林木予以等質對待，善加撫育成林。
- 四、採行間植、二階段造林或上木天然更新誘導等人為作業方式來增加林地之結構與組成，以填補林地之生態間隙。
- 五、為保障造林木之生存，得視造林木之生長與發育狀況，適度移除雜草、蔓藤、灌叢及非目標立木。
- 六、為促進造林木之生長或改善林木之形質，得適時進行除伐、修枝、疏伐等作業。
- 七、加強劣化地復育工作，以加速其生態系的恢復。
- 八、定期實行造林地清查工作，適時掌控造林地現況資訊，以評估作為調適經營參考。
- 九、落實造林驗收與抽查之系統樣區取樣工作，提高造林成活率。

以上依育林技術合理經營森林，朝向多元化育林體系，發揮經濟及國土保安之最大效益並提高碳貯存量之目標，本期應施行工作已合併臚列於第四章第四節「林木培育及更新」之內，故不再敘述。

林 務 局

森林生態系對碳吸存貢獻之探討

<III>

林務局嘉義林區管理處委託辦理「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案投標須知
(草案)

林務局嘉義林區管理處委託辦理「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案投標須知（草案）

△嘉義處碳吸存委辦投標須知草案第三次修正▽

一、計畫名稱：森林生態系對碳吸存貢獻之探討

二、計畫緣起：

隨著人口急速增加、經濟快速繁榮，大量燃燒化石燃料及大規模砍伐熱帶森林結果，使得大氣中溫室氣體大增，促進「溫室效應」，引發了「全球溫暖化」現象，其中又以二氧化碳排放為溫室效應的主要成因，本處為瞭解森林生態系對碳吸存之貢獻，以發揮森林各項公益功能，厚植森林資源與永續利用，特委託學者專家透過生物量推估模式及生長量預測模式、統計或機制模式、土壤吸存與釋放二氧化碳等相關資料，規劃、設計、調查、修正等研究來建立本處森林生態系碳吸存模式。

三、工作範圍：

阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區範圍內。

四、計畫目標：

以本處範圍之主要針葉樹造林，建立台灣土地利用型變遷模式、台灣主要樹種、林型之推估模式、生長模式，以及土壤碳吸存釋放模式。更而整合森林演替生長變遷土壤圖與地景種類分布與變化的模式系統，以獲各種主要林型之森林生態系對碳吸存貢獻。

五、各年度工作內容：

1、籌備年（民國九十年度）：

（1）整合本處阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有關於圖籍及屬性表資料，

以為地理資料庫。

- (2) 進行主要造林樹種碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。
- (3) 建立規劃森林土壤之二氧化碳釋放、吸存分析模式。
- (4) 進行增補、更新有關林型、樹種、生育地資料，如利用遙測資料，以規劃建立植生／林型／土地利用型之變遷分析模式。

(5) 建立評估森林碳吸存流程圖架構。

備註：本處目前僅存置林班圖、林相圖、DTM地形數值模型、第三次資源調查林型圖、第三次資源調查土壤圖、行政區域圖等圖檔、造林台帳圖、造林台帳、永久樣區、林務局1982出版「台灣林木資源之生長量及枯死」供作參考。

2、第一年（民國九十一年度）以阿里山事業區為例，依調查資料建立地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構。

3、第二年（民國九十二年度）以大埔事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第一年（民國九十一年度）所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

4、第三年（民國九十三年度）以玉井事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第二年（民國九十二年度）所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

5、第四年（民國九十四年度）以玉山事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第三年（民

國九十三年度)所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

六、預期成果：

(一) 短程預期成果

- 1、整合本處地理資訊系統。
- 2、改良現有永久樣區及樣木設計規劃以提供森林碳吸存之用。
- 3、建立評估碳吸存流程圖。

(二) 長程預期成果

- 1、建立紅檜、柳杉、杉木、相思樹、樟樹、桃花心木、麻六甲合歡等造林樹種之地景物種之組成模式。
- 2、建立物種生物量推估模式。
- 3、建立物種生長量推估模式。
- 4、建立地景變遷分析模式。
- 5、建立森林土壤之二氧化碳釋放吸存分析模式。
- 6、綜合以上模式建立評估森林生態系對碳吸存貢獻。

七、投標資格：

(一) 依據政府採購法第二十二條第九款、第九十四條規定辦理。

(二) 設有森林相關科系之國內各大專院校或曾從事有關碳吸存與釋放研究工作經驗之研究機構、財團

法人或學會。

(三) 參與投標之廠商應提出經濟部核發之公司執照、營利事業登記證或財團法人登記證及最近一期完稅證明影本(學校單位免附)，國內各大專院校請出具該校參與本案之授權書或公文。

(四) 參與投標之廠商，於服務建議書中所提之工作人員若非屬該廠商之人員，應附上該員同意參與本研究之證明文件。

八、工作進度與期限：

(一) 本案民國九十年度工作期限三〇〇日曆天(甲方作業期間不予計入)。

(二) 期中報告應於簽訂契約日起第一五〇天前提出，並完成整合本處阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有之圖籍及屬性表資料，以為地理資料庫，及完成主要造林樹種碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。

(三) 期末報告應於簽訂契約日起第三〇〇天前提出，並完成規劃森林土壤之二氧化碳釋放、吸存分析模式、完成規劃植生／林型／土地利用型之變遷分析模式與完成建立評估碳吸存流程圖架構。

九、經費：

本案九十年度工作經費為新台幣壹佰萬元(採固定服務費用)。

十、服務建議書內容：

(一) 服務建議書應採中文橫式書寫(但特殊技術或材料之圖文資料得使用英文惟必須中譯)，以A4格式印製加封面裝訂成冊(以不超出三十頁為原則，惟相關證明文件不包括在內)。

(二) 專案研究計畫服務建議書應包含下列各項：

- (1) 主題、緣起與目的
 - (2) 研究主題背景分析
 - (3) 研究內容
 - (4) 研究方法及進行步驟
 - (5) 預期完成之工作項目及具體成果
 - (6) 預定進度
 - (7) 研究人員姓名、現職、學歷、研究分工及與本研究計畫相關經歷
 - (8) 研究經費及其配置
 - (9) 參與甄選之廠商以往承辦相關性質工作之實績證明，及非屬該廠商人員同意參與本規劃案之證明文件。
- (10) 相關參考資料。

十一、工作成果：

成果報告書一〇〇冊及電腦光碟片各兩份。

十二、領標日期及地點：

自公告日起至九十年〇月〇〇日止，於辦公時間內不具名向本處作業課領取招標文件。

十三、招標文件：

- (一) 林務局嘉義林區管理處委託辦理「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案投標須知
- (二) 林務局嘉義林區管理處「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案委託契約書(草案)

(三) 投標廠商聲明書

十四、投標：

請依投標須知規定提送相關文件及服務建議書十三份（首頁須加蓋投標廠商印信，各頁並加蓋騎縫章），於九十年○月○日上午九時前，以專人送達或以掛號郵寄本處（嘉義市林森西路一號）收發室收件。若以郵寄方式為之時，投標廠商應自行估算寄達時間，逾時視為無效標。惟截止收件日若遇天然等不可抗拒之因素，本處因而停止上班時，得順延至恢復上班日收件。

十五、開標

(一) 資格審查：

1. 時間及地點：中華民國九十年○月○日上午九時三十分於本處二○五會議室辦理，投標廠商應到場。

2. 由本處工作小組進行審查，審查時先檢查投標廠商所提送之各項證件及服務建議書是否完備，符合條件者方可參與評選。

(二) 評選方式：

1. 由本處聘請相關專家、學者及有關機關代表組成九人之評選委員會公開評選，評分項目及評選標準如下：

(1) 對計畫之瞭解：佔十五分。

(2) 計畫之完整性及可行性：佔五十分。

(3) 工作人員組成與素質：佔十分

(4) 簡報及答詢：佔十五分。

(5) 參與投標廠商之實績及經驗等：佔十分。

2. 參選之廠商需就所提之服務建議書內容作十五分鐘之簡報，並接受詢問。簡報人員必須為將來實際參與本計畫之人員，簡報方式不拘（須自備簡報設備）。

3. 資格審查符合後即以抽籤決定簡報順序。

3. 原定簡報時間遲到十分鐘以上之投標廠商視為自動放棄簡報權利，不得參與簡報。

4. 如僅有一家廠商參與投標，亦得評選之。又經評選委員會評選結果，如參與投標廠商均未達評選標準（平均總分未達七十分），評選委員會有權不予評列名次，參加投標者，不得異議；如因故無法辦理評選，亦不得提出任何補償或賠償要求。

十六、決標與簽約：

(一) 經評選序位第一優勝者為得標廠商並取得本案承辦權，若有二家廠商同分以評分項目中第一項中計畫之完整性及可行性分數高者取得第一優勝者，若評選第一項同分再以第二項分數高者取得第一優勝者。

(二) 本委託研究案依「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」第九條第一款規定，採固定服務費用方式決標。

(二) 得標廠商應於本處正式通知之日起七日內完成委託契約書之簽訂，若無故未於期限內簽約者，則以棄權論，不得提出異議及要求補償任何費用，並由次一名依序遞補通知辦理簽約。

(三) 獲選廠商所提服務建議書暨評選意見，做為契約之一部分。

十七、未來增購權利

民國九十一年度至九十四年度部分，工作內容詳如本投標須知第五條，工作經費每年度各貳佰萬元，但本處得逐年視各該當年度預算核准情形決定是否與得標廠商續約。

十九、押標金與保證金

本委託研究案免繳押標金及保證金。

二十、廠商有下列情形之一者，其事實及理由將通知廠商，並附記如未提出異議者，將刊登政府採購公報：

- (一) 容許他人借用本人名義或證件參加投標者。
- (二) 冒用他人名義或證件，或以偽造、變造之文件參加投標者。
- (三) 擅自減省工料情節重大者。
- (四) 偽造、變造投標、契約或履約相關文件，經查明屬實者。
- (五) 受停業處分期間仍參加投標者。
- (六) 犯第八十七條至第九十二條之罪，經第一審有罪判決而未宣告緩刑者。
- (七) 得標後無正當理由而不訂約或不履行契約者。
- (八) 因可歸責於廠商之事由，致解除或終止契約者。
- (九) 查驗或驗收不合格，且未於通知期限內異議、申訴、起訴或依規定辦理者。
- (十) 違反第六十五條之規定轉包者。
- (十一) 因可歸責於廠商之事由，致延誤履約期限，情節重大者。
- (十二) 重整或破產程序中之廠商。

(十三) 歧視婦女、原住民或弱勢團體人士，情節重大者。

二十一、經依採購法第一百零二條第三項規定刊登於政府採購公報之廠商，於下列期間內，不得參加投標或作為決標對象或分包廠商：

(一) 有第一百零一條第一款至第五款情形或第六款判處有期徒刑者，自刊登之日起三年。但於第一百零一條第六款之情形，經判決無罪確定者，註銷之。

(二) 有第一百零一條第七款至第十三款情形或第六款判處拘役、罰金或緩刑者，自刊登之日起一年。但經重整完成者，註銷之。

二十二、疑義、異議及申訴

(一) 投標廠商對招標文件內容如有疑義者，應以書面於等標期之四分之一期限前向本處請求釋疑，該期限自公告日起算（九十年○月○○日前）。

(二) 依政府採購法第七十五條及第七十六條規定，廠商提出異議（無金額限制）或申訴（未達公告金額之採購不適用申訴制度）。

(三) 受理之採購申訴審議委員會名稱、地址及電話：

名稱：行政院公共工程委員會採購申訴審議委員會

地址：台北市忠孝西路一段四號十樓

電話：(02)23618661 轉 722

(四) 受理檢舉單位名稱、地址及電話：

名稱：法務部調查局

信箱：新店郵政 60000 號信箱

電話：02-2918888、29171111

名稱：嘉義市調查站

信箱：嘉義市郵政 75 號信箱

電話：05-2778888

二十三、其他

(一) 參與投標廠商所提服務建議書於規定日期送達後，不得要求更換或補充任何資料，入選與不入選之服務建議書本處均不予退還。

(二) 本委託研究案涉及智慧財產權者，由嘉義林區管理處取得全部權利。廠商執行契約過程有侵害第三人合法權益時，由廠商負責處理並承擔一切法律責任。

(三) 本處不負擔參與投標廠商撰寫及提送服務建議書等一切之費用。

(四) 本處不辦理規劃範圍之現場說明，請參與投標廠商自行前往瞭解。

(五) 其他未盡事宜，悉依政府採購法及有關法令規定辦理。

二十四、對本投標須知有疑義時，請與本處作業課李明晃聯絡。

電話：(05) 二七八七〇〇六轉三一六

傳真：(05) 二七五四〇七七

投標須知補充規定：

投標商應依規定填妥（不得使用鉛筆）本招標文件所附投標廠商聲明書，連同資格文件及招標文件所規定之其他文件，裝入自備大型牛皮信封，封套密封後投標。封套外部須書明投標廠商名稱、地址、電話及採購案號或招標標的，俾利作業。

林 務 局

森林生態系對碳吸存貢獻之探討

<IV>

林務局嘉義林區管理處「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案委託契約書（草案）

林務局嘉義林區管理處「森林生態系對碳吸存貢獻之探討」案委託契約書(草案)

△嘉義處碳吸存委辦契約草案第三次修正▽

林務局嘉義林區管理處(以下簡稱甲方)及得標廠商(以下簡稱乙方)雙方同意依政府採購法(以下簡稱採購法)及其主管機關訂定之規定訂定本契約，共同遵守，其條款如下：

第一條 契約文件及效力

(一)契約包括下列文件：

1. 招標文件及其變更或補充。
2. 投標文件及其變更或補充。
3. 決標文件及其變更或補充。
4. 契約附件及其變更或補充。
5. 依契約所提出之履約文件或資料。

(二)契約文件，包括以書面、錄音、錄影、照相、微縮、電子數位資料或樣品等方式呈現之原件或複製品。

(三)契約所含各種文件之內容如有不一致之處，依下列原則處理：

1. 契約條款優於招標文件內之其他文件所附記之條款。但附記之條款有特別聲明者，不在此限。
2. 招標文件之內容優於投標文件之內容。但投標文件之內容經甲方審定優於招標文件之內容者，不在此限。
3. 招標文件如允許乙方於投標文件內特別聲明，並經甲方於審標時接受者，以投標文件之內容為準。
4. 文件經甲方審定之日期較新者優於審定日期較舊者。
5. 決標紀錄之內容優於開標紀錄之內容。

(四)契約文件之一切規定得互為補充，如仍有不明確之處，以甲方解釋為準。如有爭議，依採購法之規定處理。

(五)契約文字：

1. 契約文字以中文為準，但特殊技術或材料之圖文資料得使用英文。

2. 契約所稱申請、報告、同意、指示、核准、通知、解釋及其他類似行為之意思表示，以中文書面為之為原則。書面之遞交，得以面交簽收、郵寄或傳真至雙方預為約定之人員或處所為之。

(六) 契約所使用之度量衡單位，以公制為原則。

(七) 契約自甲方決標之日起生效，並以甲方簽約之日為簽約日。

(八) 契約所定事項如有違反法令或無法執行之部分，該部分無效。但除去該部分，契約亦可成立者，不影響其他部分之有效性。

(九) 前款無效之部分，甲方及乙方必要時得依契約原定目的更正之。

(十) 契約正本二份，甲方及乙方各執一份，副本八份，由甲方、乙方及相關單位分別執用。副本如有誤繕，以正本為準。正本並由雙方各依規定貼用印花稅票。

第二條 履約標的

一、乙方應履行之各年度工作內容包括但不限於下列事項：

1、籌備年（民國九十年度）：

(1) 整合本處阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有關於圖籍及屬性表資料，以為地理資料庫。

(2) 進行主要造林樹種碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。

(3) 建立規劃森林土壤之二氧化碳釋放、吸存分析模式。

(4) 進行增補、更新有關林型、樹種、生育地資料，如利用遙測資料，以規劃建立植生／林型／土地利用型之變遷分析模式。

(5) 建立評估森林碳吸存流程圖架構。

備註：本處目前僅存置林班圖、林相圖、DTM 地形數值模型、第三次資源調查林型圖、第三次

資源調查土壤圖、行政區域圖等圖檔、造林台帳圖、造林台帳、永久樣區、林務局 1982 出版「台灣林木資源之生長量及枯死」供作參考。

2、第一年（民國九十一年度）以阿里山事業區為例，依調查資料建立地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構。

3、第二年（民國九十二年度）以大埔事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第一年（民國九十一年度）所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

4、第三年（民國九十三年度）以玉井事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第二年（民國九十二年度）所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

5、第四年（民國九十四年度）以玉山事業區為例，依調查資料及所建模式修正、調查第三年（民國九十三年度）所建修之地景、林分、單株與生育地模式，更而提供森林生態系對碳吸存貢獻之探討建構與方法修正。

第三條 契約價金之給付

採總價分期給付計新台幣壹佰萬元整（民國九十年度部分）。

第四條 契約價金之調整

（一）驗收結果與規定不符，而不妨礙使用需求，亦無減少通常效用或契約預定效用，經甲方檢討不必補交者，得於必要時減價收受。

（二）已於契約載明應由乙方施作或供應或為乙方完成履約所必須者，應由乙方負責供應或施作，不得據以請求加價。

（三）契約價金，含乙方及其人員依中華民國法令應繳納之稅捐、規費及強制性保險之保險費。

（四）中華民國以外其他國家或地區之稅捐、規費或關稅，由乙方負擔。

(五) 乙方履約遇有下列政府行為之一，致履約費用增加或減少者，契約價金得予調整：

1. 政府法令之新增或變更。
2. 稅捐或規費之新增或變更。
3. 政府管制費率之變更。

(六) 前款情形，屬中華民國政府所為，致履約成本增加者，其所增加之必要費用，由甲方負擔；致履約成本減少者，其所減少之部分，得自契約價金中扣除。

(七) 其他國家政府所為，致履約成本增加或減少者，契約價金不予調整。

第五條 契約價金之給付條件

(一) 契約依下列規定辦理付款：

1. 分期付款

第一期款：經雙方簽訂契約書生效即撥付委託經費百分之五十。

第二期款：期中報告提出並完成簡報，經審核通過後撥付委託經費百分之二十五。

第三期款：期末報告提出並完成簡報，經審核通過後並俟成果報告書完成如數提交後，撥付委託經費百分之二十五。

2. 乙方履約有下列情形之一者，甲方得暫停給付契約價金至情形消滅為止：

- (1) 履約實際進度因可歸責於乙方之事由，落後預定進度達百分之二十以上者。
- (2) 履約有瑕疵經書面通知改善而未改善者。
- (3) 未履行契約應辦事項，經通知仍延不履行者。
- (4) 乙方履約人員不適任，經通知更換仍延不辦理者。
- (5) 乙方依採購法第九十八條之規定應繳納代金而未繳納者。
- (6) 其他違約情形。

(二) 乙方計價領款之印鑑，以乙方於投標文件所蓋之章為準。

(三) 乙方於國內員工總人數逾一百人，履約期間僱用殘障人士及原住民族人數低於總人數百分之二者，應繳納代金。

繳納代金之證明文件影本，應於驗收付款前，交機關查核，以憑付款。

(四) 契約價金總額，為完成契約所需全部材料、人工、機具、設備及履約所必須之費用。

(五) 乙方請領契約價金時應提出統一發票。無統一發票者應提出收據。

(六) 乙方履約有逾期違約金、損害賠償、採購標的損壞或短缺、不實行為、未完全履約、不符契約規定、溢領價金或減少履約事項等情形時，甲方得自應付價金中扣抵；其有不足者，得通知乙方給付。

第六條 稅捐

本契約價金已含營業稅。

第七條 履約期限

(一) 履約期限：乙方應於簽訂契約日起三〇〇日曆天內完成（星期日、國定假日及其他休息日計入，惟甲方作業期間不予計入）。

1. 期中報告應於簽訂契約日起第一五〇天前提出，並完成整合本處阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有關係之圖籍及屬性表資料，以為地理資料庫，及完成主要造林樹種碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。

2. 期末報告應於簽訂契約日起第三〇〇天前提出，並完成規劃森林土壤之二氧化碳釋放、吸存分析模式、完成規劃植生／林型／土地利用型之變遷分析模式與完成建立評估碳吸存流程圖架構。

(二) 除天災、人禍等不可抗力外，乙方不得以任何理由要求延長履約期限。但非可歸責於乙方之事由，經甲方認可者，不在此限。其事由未達半日者，以半日計；逾半日未達一日者以一日計。

(三) 契約如需辦理變更，其履約標的項目或數量有增減時，履約期限得由雙方視實際需要議定增減之。

(四) 履約期限延期：

1. 契約履約期間，有下列情形之一，確非可歸責於乙方，而需展延履約期限者，乙方應於事故發生或消失後，儘速以書面向甲方申請展延履約期限，不計算逾期違約金。

- (1) 發生不可抗力之事故。
 - (2) 甲方要求全部或部分暫停履約。
 - (3) 因辦理契約變更或增加履約標的數量。
 - (4) 甲方應辦事項未及時辦妥。
 - (5) 由甲方自辦或甲方之其他乙方承包契約相關履約標的之延誤而影響契約進度者。
 - (6) 其他非可歸責於乙方之情形，經甲方認定者。
2. 前款事故之發生，致契約全部或部分必須停止履約時，乙方應於停止履約原因消滅後立即恢復履約。其停止履約及恢復履約，乙方應儘速向甲方提出書面報告。

第八條 履約管理

- (一) 契約所需履約標的材料、機具、設備、工作場地設備等，除契約另有規定外，概由乙方自備。
- (二) 乙方接受甲方或甲方委託之機構之人員指示辦理與履約有關之事項前，應先確認該人員係有權代表人，且所指示辦理之事項未逾越或未違反契約規定。乙方接受無權代表人之指示或逾越或違反契約規定之指示，不得用以拘束甲方或減少、變更乙方應負之契約責任，甲方亦不對此等指示之後果負任何責任。
- (三) 甲方及乙方之一方未請求他方依契約履約者，不得視為或構成一方放棄請求他方依契約履約之權利。
- (四) 契約內容有須保密者，乙方未經甲方同意，不得將契約內容洩漏予與履約無關之第三人。
- (五) 乙方履約期間所知悉之甲方機密或任何不公開之文書、圖畫、消息、物品或其他資訊，均應保密，不得洩漏。
- (六) 乙方履約，不得有下列情形：僱用無工作權之人員、供應不法來源之履約標的、使用非法工具、提供不實證明、非法棄置廢棄物或其他不法或不當行為。
- (七) 乙方應對其履約場所作業及履約方法之適當性、可靠性及安全性負完全責任。
- (八) 乙方之履約場所作業有發生意外事件之虞時，乙方應立即採取防範措施。發生意外時，應立即採取搶救、復原、重建及對甲方與第三人之賠償等措施。
- (九) 甲方於乙方履約中，若可預見其履約瑕疵，或其有其他違反契約之情事者，得通知乙方限期改善。

(十) 乙方不於前款期限內，依照改善或履行者，甲方得採行下列措施：

1. 使第三人改善或繼續其工作，其危險及費用，均由乙方負擔。
2. 終止或解除契約，並得請求損害賠償。

3. 通知乙方暫停履約。

(十一) 履約所需臨時場所，由乙方自理。

(十二) 乙方履約人員對於所應履約之工作有不適任之情形者，甲方得要求更換，乙方不得拒絕。

第九條 履約標的品管

(一) 乙方在履約中，應對履約品質依照契約有關規範，嚴予控制，並辦理自主檢查。

(二) 甲方對於履約標的之審查，不解除乙方依契約應負之責任。

(三) 甲方於乙方履約期間如發現乙方履約品質不符合契約規定，得通知乙方限期改善或改正。乙方逾期未辦妥時，甲方得要求乙方部分或全部停止履約，至乙方辦妥並經甲方認可後方可恢復履約。乙方不得為此要求展延履約期限或補償。

(四) 契約履約期間之規定，乙方應按規定之階段報請甲方舉行簡報審查。甲方發現乙方未按規定階段審查，而擅自繼續次一階段工作時，得要求乙方將未經審查及擅自履約部分重做，其一切損失概由乙方自行負擔。但甲方應隨時辦理乙方申請之審查工作，不得無故遲延。

(五) 契約如有任何部分須報請政府主管機關審查時，除依法規應由甲方提出申請者外，應由乙方提出申請，並按照規定負擔有關費用。

(六) 乙方應免費提供甲方依契約辦理審查所必須之設備及資料。但契約另有規定者，不在此限。契約規定以外之審查，其結果不符合契約規定者，由乙方負擔所生之費用；結果符合者，由甲方負擔費用。

(七) 審查結果不符合契約規定者，甲方得予拒絕，乙方應免費改善或改正。

(八) 乙方不得因甲方辦理審查，而免除其依契約所應履行或承擔之責任。

(九) 甲方就乙方履約標的為審查之權利，應不受該標的曾通過其他審查之限制。

(十) 甲方提供設備或材料供乙方履約者，乙方應於收受時作必要之檢查，以確定其符合履約需要，並作成紀錄。設備或材料經乙方收受後，其滅失或損害，由乙方負責。

第十條 保險

(一) 乙方應於履約期間辦理下列保險：

1. 專業責任險。包括因業務疏漏、錯誤或過失，違反業務上之義務，致甲方或其他第三人受有之損失。
2. 乙方依前點辦理之保險，其內容如下：

(1) 承保範圍：因乙方履行本契約服務之一切作為。

(2) 保險標的：履約標的。

(3) 被保險人：以乙方為被保險人。

(4) 保險金額：契約價金總額。

(5) 每一事故之自負額上限：不得高於該次損失的百分之二十，但至少得為新台幣五萬元。

(6) 保險期間：自○○○○年○○○○月○○○○日起至契約所定履約期限之日止。有延期或遲延履約者，保險期間比照順延。

(7) 受益人：保險單加批甲方為受益人或賠款受領人。

(8) 未經甲方同意之任何變更或終止，無效。

(二) 保險單記載契約規定以外之不保事項者，其風險及可能之賠償由乙方負擔。

(三) 乙方向保險人索賠所費時間，不得據以請求延長履約期限。

(四) 乙方未依契約規定辦理保險、保險範圍不足或未能自保險人獲得足額理賠者，其損失或損害賠償，由乙方負擔。

(五) 保險單正本一份及繳費收據副本一份應於辦妥保險後即交甲方收執。

(六) 乙方應依中華民國法規為其員工及車輛投保勞工保險、全民健康保險及汽機車第三人責任險。

第十一條 驗收

(一) 乙方履約所供應或完成之標的，應符合契約規定，具備一般可接受之專業及技術水準，無減少或減失價值或不適於通常或約定使用之瑕疵。

(二) 驗收程序：

1. 乙方應依預定進度於簽訂契約日起三〇〇日曆天內(甲方作業期間不予計入)分段完成履約標的：

(1) 期中報告：乙方應於簽訂契約日起第一五〇天前提出，並完成整合本處阿里山、大埔、玉井、玉山等四個事業區與森林碳吸存有關於圖籍及屬性表資料，以為地理資料庫，及完成主要造林樹種碳吸存調查永久樣區及樣木規劃。

(2) 期末報告：乙方應於簽訂契約日起第三〇〇天前提出，並完成規劃森林土壤之二氧化碳釋放、吸存分析模式、完成規劃植生/林型/土地利用型之變遷分析模式與完成建立評估碳吸存流程圖架構。

(三) 審查結果不符合契約規定者，甲方得予拒絕，乙方應免費改善。

乙方不得因甲方辦理審查，而免除其依契約所應履行或承擔之責任及費用之負擔。

甲方就乙方履約標的為審查之權利，應不受該標的曾通過其他審查之限制。

(四) 履約標的完成履約後，應將現場堆置的履約機具、器材、廢棄物及非契約所應有之設施全部運離或清除，並填具完成履約報告，經甲方勘驗認可，始得認定為完成履約。

(五) 乙方履約結果經甲方初審或驗收有瑕疵者，甲方得定相當期限，要求乙方改正。逾期未改正者，按逾期日數，每日按契約價金總額千分之一計算逾期違約金。但逾期未改正仍在契約原訂履約期限內者，不在此限。未完成履約之部分不影響其他已完成部分之使用者，得按未完成履約部分之契約價金，每日依其千分之一計算逾期違約金。

乙方不於前款期限內改正、拒絕改正或其瑕疵不能改正，或改正次數逾三次仍未能改正者，甲方得採行下列措施之一：

1. 自行或使第三人改善，並得向乙方請求償還改善必要之費用。

2. 終止或解除契約或減少契約價金。

因可歸責於乙方之事由，致履約有瑕疵者，甲方除依前二款規定辦理外，並得請求損害賠償。

第十二條 遲延履約

- (一) 逾期違約金，以日為單位，乙方如未依照契約規定期限完成，應按逾期日數，每日依契約價金總額千分之一計算逾期違約金。
- (二) 逾期違約金之總額(含逾期未改正之違約金)，以契約價金總額之百分之二十為上限。
- (三) 甲方及乙方因天災或事變等不可抗力或不可歸責於契約當事人之事由，致未能依時履約者，得展延履約期限；不能履約者，得免除契約責任：
 1. 山崩、地震、颱風、豪雨、冰雹、水災、土石流、土崩、地層滑動、雷擊或其他天然災害。
 2. 交通中斷或道路。
 3. 民眾非理性之聚眾抗爭。
 4. 政府法令之新增或變更。
 5. 其他經甲方認定確屬不可抗力者。
- (四) 不可抗力發生或結束後，其屬可繼續履約之情形者，應繼續履約，並採行必要措施以降低不可抗力所造成之不利影響。
- (五) 乙方履約有遲延者，在遲延中，對於因不可抗力而生之損害，亦應負責。
- (五) 乙方未遵守法令致生履約事故者，由乙方負責。因而遲延履約者，不得據以免責。

第十三條 權利及責任

- (一) 乙方履約，其有侵害第三人合法權益時，應由乙方負責處理並承擔一切法律責任。
- (二) 乙方履約結果涉及智慧財產權者：

甲方有權永久保存及無償使用，乙方放棄行使人格權。
- (三) 乙方如在契約使用專利品，或專利性履約方法，或涉及著作權時，其有關之專利及著作權益，概由乙方依照

有關法令規定處理，其費用亦由乙方負擔。

(四) 甲方及乙方應採取必要之措施，以保障他方免於因契約之履行而遭第三人請求損害賠償。其有致第三人損害者，應由造成損害原因之一方負責賠償。

(五) 甲方對於乙方及其人員因履約所致之人體傷亡或財物損失，不負賠償責任。對於人體傷亡或財物損失之風險，乙方應投保必要之保險。

(六) 乙方依契約規定應履行之責任，不因甲方對於乙方履約事項之審查、認可或核准行為而減少或免除。

(七) 乙方規劃設計錯誤，致甲方遭受下列損害者，應負賠償責任。

1. 甲方之額外支出。
 2. 施工或供應之乙方向甲方求償之金額。
 3. 採購標的延後完成或延後獲得所生之損害。
 4. 發生事故所生之損害。
 5. 其他可歸責於受託人之損害。
- (八) 乙方履約有瑕疵時，應於接獲甲方通知後自費予以修正或重做。但以該通知不逾履約結果驗收後一年內者為限。

第十四條 契約變更及轉讓

(一) 甲方於必要時得於契約所約定之範圍內通知乙方變更契約(含新增項目)，乙方於接獲通知後應向甲方提出契約標的、價金、履約期限、付款期限或其他契約內容須變更之相關文件。契約價金之變更，其底價依採購法第四十六條第一項之規定。

乙方於甲方接受其所提出須變更之相關文件前，不得自行變更契約。除甲方另有請求者外，乙方不得因前款之通知而遲延其履約責任。

甲方於接受乙方所提出須變更之事項前即請求乙方先行施作或供應，其後未依原通知辦理契約變更或僅部分辦理者，應補償乙方所增加之必要費用。

- (二) 契約之變更，非經甲方及乙方雙方合意，作成書面紀錄，並簽名或蓋章者，無效。
- (三) 乙方不得將契約之部分或全部轉讓予他人。但因公司合併、銀行或保險公司履行連帶保證、銀行因權利質權而生之債權或其他類似情形轉讓必要，經機關書面同意者，不在此限。

第十五條 契約終止、解除及暫停執行

- (一) 乙方履約，有下列情形之一，甲方得以書面通知乙方終止或解除契約，且不補償乙方因此所生之損失：
 1. 違反採購法第三十九條第二項或第三項規定之專案管理廠商。
 2. 有採購法第五十條第二項前段之情形者。
 3. 有採購法第五十九條得終止或解除契約之情形者。
 4. 違反不得轉包之規定者。
 5. 乙方或其人員犯採購法第八十七條至第九十二條之罪，經判決有罪確定者。
 6. 因可歸責於乙方之事由，致延誤履約期限，情節重大者。
 7. 偽造或變造契約或履約相關文件，經查明屬實者。
 8. 無正當理由而不履行契約者。
 9. 審查不合格，且未於通知期限內依規定辦理者。
 10. 有破產或其他重大情事，致無法繼續履約者。
 11. 乙方未依契約規定履約，自接獲甲方書面通知日起十日內或書面通知所載較長期限內，仍未改善者。
 12. 契約規定之其他情形。
- (二) 終止契約，得為一部或全部。
- (三) 甲方未依第一款規定通知乙方終止或解除契約者，乙方仍應依契約規定繼續履約。
- (四) 契約經依第一款規定終止或解除者，甲方得依其所認定之適當方式，自行或洽其他乙方完成被終止或解除之契約；其所增加之費用，由乙方負擔。
- (五) 契約因政策變更，乙方依契約繼續履行反而不符公共利益者，甲方得報經上級甲方核准，終止或解除部分或

全部契約，並補償乙方因此所生之損失。

(六) 依前款規定終止契約者，乙方於接獲甲方通知前已完成且可使用之履約標的，依契約價金給付；僅部分完成尚未能使用之履約標的，甲方得擇下列方式之一洽乙方為之：

1. 繼續予以完成，依契約價金給付。

2. 停止規劃。但給付乙方已發生之規劃費用及合理之利潤。

(七) 乙方未依契約規定履約者，甲方得隨時通知乙方部分或全部暫停執行，至情況改善後方准恢復履約。

有前款情形者，乙方不得就暫停執行請求延長履約期限或增加契約價金。

(八) 因非可歸責於乙方之情形，甲方通知乙方部分或全部暫停執行，得補償乙方因此而增加之必要費用。但暫停執行期間累計逾六個月(甲方得於招標時載明其他期間)者，乙方得通知甲方終止或解除部分或全部契約。

前款暫停執行，甲方應視情形，酌予延長履約期限。

(九) 乙方不得對甲方人員或受甲方委託之乙方人員給予期約、賄賂、佣金、比例金、仲介費、後謝金、回扣、餽贈、招待或其他不正利益。分包乙方亦同。

違反前款規定者，甲方得終止或解除契約，或將溢價及利益自契約價款中扣除。

第十六條 爭議處理

(一) 甲方與乙方因履約而生爭議者，應依法令及契約規定，考量公共利益及公平合理，本誠信和諧，盡力協調解決之。其未能達成協議者，得以下列方式處理之：

1. 依採購法第六十九條規定向採購申訴審議委員會申請調解。

2. 依採購法第六章或第一百零二條規定提出異議、申訴。

3. 於徵得他方同意後，提付仲裁，依仲裁法以仲裁方式處理，並以甲方指定之仲裁處所為其仲裁處所。

4. 提起民事訴訟。

5. 依其他法律申(聲)請調解。

6. 依契約或雙方合意之其他方式處理。

(二) 履約爭議發生後，履約事項之處理原則如下：

1. 與爭議無關或不受影響之部分應繼續履約。但經甲方同意者不在此限。

2. 乙方因爭議而暫停履約，其經爭議處理結果被認定無理由者，不得就暫停履約之部分要求延長履約期限或免除契約責任。

(三) 契約以中華民國法律為準據法，並以甲方所在地之嘉義地方法院為第一審管轄法院。

第十七條 其他

(一) 乙方對於履約所僱用之人員，不得有歧視婦女、原住民或弱勢團體人士之情事。

(二) 乙方履約時不得僱用或試圖僱用甲方之人員或受甲方委託辦理契約事項之機構之人員。

(三) 甲方及乙方於履約期間應分別指定授權代表，為履約期間雙方協調與契約有關事項之代表人。

(四) 本契約未載明之事項，依政府採購相關法令辦理。

委託單位(甲方)：林務局嘉義林區管理處

代表人：莊樹林

地址：嘉義市600林森西路一號

受委託單位(乙方)：

代表人：

地址：