

潛在植群圖之繪製——
潛在植群形相分類方案

研究人員：邱清安

內政部營建署雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十四年十二月

094-301020500G-019

潛在植群圖之繪製—

潛在植群形相分類方案

Mapping Potential Vegetation –
Potential Vegetation Physiognomic Classification Scheme.

研究人員：邱清安

內政部營建署雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十四年十二月

目次

第一章	前言	1
第二章	植群分類的關鍵議題	3
第三章	植群分類系統之回顧	6
第四章	臺灣潛在植群形相分類方案之研擬	13
第五章	潛在植群圖之試繪	42
第六章	結論	48
第七章	引用文獻	50

表次

表 1 中國植群分類系統之單位與其說明.....	7
表 2 依中國植群分類系統所劃分的臺灣植群分類方案.....	8
表 3 植群類型的最高級形相分類.....	10
表 4 美國國家植群分類系統.....	12
表 5 幾種植群分類系統之類型單位間的對應關係.....	16
表 6 中國與美國國家植群分類系統之類型單位及其主要分類定義或依據.....	17
表 7 臺灣潛在植群形相分類方案之類型單位、劃分依據、舉例.....	19
表 8 東亞之高山林線的氣候資料.....	26
表 9 東亞熱量氣候帶之劃分及歷來臺灣植群帶之劃分.....	34
表 10 本研究潛在植群分類方案與 Su(1984b)氣候帶的比較.....	35
表 11 研究環境-植群聯繫關係之模型.....	42
表 12 群系綱、群系亞綱、群系組、群系之類別與製圖依據.....	43
表 13 潛在植群之各階層類別所佔的面積.....	45

圖次

圖 1 可能發生乾旱之區域.....	22
圖 2 世界各地之林線與雪線的海拔位置.....	26
圖 3 群系綱.....	47
圖 4 群系亞綱.....	47
圖 5 群系組.....	47
圖 6 群系.....	47

摘要

一、研究緣起

制訂國家植群分類系統可增進瞭解、保護、經營自然資源的能力(Grossman et al. 1994)，然不論採用外貌形相(physiognomy)或/與種類組成(flora)來分類植群，因其所採用之準則(critical)的不同，乃出現許多不同之理論及研究方法(蘇鴻傑 2003)。至今尚沒有一個標準的分類系統可以均等地滿足不同學科的所有目標，亦無共同接受的統一方案。本研究基於生育地之熱量、水分控制高階植群的類型與分布之概念。目的在研擬區域氣候作用下的準極相(quasi-climax)”潛在自然植群(Potenrial Natural Vegetation, PNV)分類法案，以做為潛在植群圖之製圖單元。

二、研究方法及過程

繪製潛在植群圖須包括植群類型、與其相應的環境變數，及二者對應關係的聯繫等三個基本要件。本文首先釐清植群分類的一些關鍵議題，回顧與參酌美國及中國之植群分類系統，考量本地之生態環境特性，據以建立適用於本研究之原則及架構，最後才著手研擬潛在植群分類系統。同時本文也組合可與植群類型相配合之氣候參數：溫量修正指數(modified warmth index, MWI)、冬乾指數(winter drought index, WDI)；至於模擬潛在植群分布的方法，僅利用最簡單的布林分離法，亦即根據氣候環境解釋變數，指定空間位置網格為唯一的植群類別。

三、重要發現

氣候所反映的植群僅為潛在的、自然的、準極相的植群，對於現生的、人為的、演替中前期的植群僅具參考性。本文參考美國及中國之國家植群分類系統，釐清植群分類之關鍵議題，再予擬定適用於本研究之分類原則及架構，研擬可與氣候相配合之潛在植群形相分類方案，總計劃分為4階層：寒原、森林2類群系網，亞寒帶、冷溫帶、涼溫帶、暖溫帶、亞熱帶5類群系亞網，8類群系組表徵優勢植群之葉片的物候與形態，16類群系說明其水分境況及優勢分類群；由於氣候與植群之相關性，當時空尺度愈小時，受土壤、地形、競爭、機遇、歷史因素等因子之影響愈顯著，氣候與植群之相關性將漸趨下降；雖然本方案僅論及潛在植群分類，但在形相階層上其架構應仍可適用於現生植群。

在決定植群類型之氣候參數中，本文特別研擬溫量修正指數(modified

warmth index, MWI)以代表本地熱量境況、以冬乾指數(winter drought index, WDI)來代表本地之水分境況，並以布林分離法模擬繪製潛在植群圖。

四、主要建議事項

由本報告之結果以下分別提出立即可行建議及長期性建議。

立即可行之建議：雪霸國家公園管理處

本研究係以由上往下劃分之方式來對台灣之高階的植群形相進行分類，此法尺度較大可於大面積區域實施；如本處之尺度較小的區域，未來可針對已調查之地面植群樣區加以整合分析，藉以由下往上進行植群單元之合併，亦即植群之植相分類，此2種途徑之結果亦可相互參照及修正。

長期性之建議：雪霸國家公園管理處

進行生態系分類，除本文之形相分類及所建議之植相分類外，遙感探測所得之光譜影像可快速提供地真資訊，其與氣候、植群分類之聯繫，不僅為科學研究之挑戰亦為經營管理之需要，十分值得未來跨學科之整合研究。

關鍵詞：潛在自然植群、形相分類、熱量境況、水分境況

ABSTRACT

The diversified concepts and purposes of vegetation classification results diversified schemes. Main vegetation classification includes physiognomic classification, foristic classification, and physiognomic-foristic classification. The present paper referred to Chinese and American National Vegetation Classification System (NVCS), drew up the Potential Vegetation Classification (PNV) scheme of Taiwan. This scheme includes 2 classes based on the complex thermal-moisture regime and macrocosmic physiognomy, 5 subclasses based on the thermal regime according to the elevation gradient principally, 8 groups based on the phenology and types of predominant leaf, 16 formations based on the moisture regime on the lowland in particular and the predominant taxa. Then, we designed the modified warmth index (MWI) represented the regional thermal regime, the winter drought index (WDI) represented the moisture regime in the lower land. Through the eco-climatic regime and the vegetation classification scheme, we used Boolean discrete methods mapping the potential natural vegetation.

Keywords: Potential Natural Vegetation(PNV), Physiognomic Classification, Thermal Regieme, Moisture Regieme

第一章 前言

制訂國家植群分類系統可增進瞭解、保護、經營自然資源的能力(Grossman *et al.* 1994)，然不論採用外貌形相(physiognomy)或與種類組成(flora)來分類植群，因其所採用之準則(critical)的不同，乃出現許多不同之理論及研究方法(蘇鴻傑 2003)。理論上，所有植群的特徵都可作為分類植群的依據，如外貌結構特徵、植物種類組成、植群動態特徵、生育地特徵等(宋永昌 2001)，分類方案則可採用植群或與生育地的單一或多重特徵來加以建構(Grossman *et al.* 1998)。由於分類植群之目的不同、所持的概念不同、劃分方法不同、研究者的背景不同、研究區域的範圍不同、植群的複雜度不同等種種歧異，因而造成植群分類方案的多樣性，至今尚沒有一個標準的分類系統可以均等地滿足不同學科的所有目標，亦無共同接受的統一方案。

植群分類就是將各種各樣的植物群落按其固有特徵納入一定等級系統，從而使比較雜亂的現象條理化，使各類型之間的相似性和差異性更為顯著，以達到認識各類植群之目的(吳征鎰 1980)。臺灣曾有多位學者對植群進行劃分(賴明洲 2000)，其中海拔垂直帶反映山地植群之主要變異已為共識，但仍存在許多歧見與問題，例如：(1)劃分之依據不同；(2)植群分類僅為概念上之劃分，或僅為海拔、溫度範圍等粗略性說明而無明確定義，無法進行製圖；(3)群系、林帶、林型、植群型等術語之混用；(4)未提出階層架構(hierarchical framework)，致使所劃分出之植群類型之位階(rank)不清楚；(5)與國際植群分類系統無法接軌。

本研究旨在探討臺灣之氣候與植群間的對應關係，特別強調生育地之熱量、水分控制高階植群的類型與分布。氣候所反映的植群係為氣候因子長期作用下之演替後期較穩定的植物社會，亦即 Clements(1936)之單一極相(monoclimax)或 Tansley(1936)之氣候極相(climatic climax)的概念，然由於自然界的擾動及其他非氣候因素形成植群限制因子乃為常態，故嚴格定義之極相可謂一永無法達到的理想狀態，因此本文認同沈中桴(1997)採用“準極相(quasi-climax)”來表明區域氣候作用下的潛在自然植群(PNV)；且氣候所形塑之植群僅適用於尺度較大、位階較高的外貌形相分類，對於深受擾動、演替、機遇、人為因素、歷史因素等影響的現生植群及依據植相來分類的系統，則本文僅能做為參考。本文首先釐清植群分類的一些關鍵議題，回顧與參酌美國及中國之植群分類系統，

並配合探究臺灣氣候與植群對應關係之目的，研擬適用於本研究的潛在植群形相分類方案。

第二章 植群分類的關鍵議題

2.1 生態系分類與植群分類

均質的生態系單元對環境變化具有較一致的反應，也便於管理措施之擬定，因此對生態系分類為科學研究與經營管理的基礎工作(Lugo *et al.* 1999)，分類生態系可透過土地覆蓋(land cover)分類、地景(landscape)分類等多種方式(Gregorio & Jansen 1998; Lioubimtseva & Defourny 1999)，尤其藉由遙測(remote sensing, RS)技術更可快速達成(Walker 1999; Treitz & Howarth 2000)。依分類生態系所考慮因子的多寡可簡單區分為單因子、多因子 2 種(Grossman *et al.* 1998)，亦即評估生育地或生態系可依據植群狀態或氣候、土壤等物理環境之單一因子，或綜合多項因子進行分類(Barnes *et al.* 1998)；由於植群扮演著生產者及主要生物量蓄存庫之角色，亦為其他動物繁衍之所在，較其他因子更能綜合表現生態系結構組成與功能運作(Kimmins 1997)，因此植群常是分類生態系的單一因子，其結果也被視為簡化的生態系分類；多因子分類生態系的方法，諸如Walter(2002)認為植群、土壤、氣候是生態系最主要的構成要素，將全球劃分為 9 種生物群系帶(表 4.8)，Bailey(1998)亦使用多項因子進行階層式的生態區(ecoregion)分類，其中植群雖非唯一因子，但仍是多因子分類生態系方法中一項極為重要的因子，而且植群在某一程度而言，可忠實反映氣候、土壤等重要生態系環境的狀況，因此目前許多生態系分類系統均以植群做為唯一的或重要的指標，分類後之單元亦常以植群做為命名基礎；因此植群分類，可視為隸屬於生態系分類，亦可做為生態系分類的簡化概念，特別是潛在自然植群對生態系之代表性更佳(Bruenig 1989)。另外，在文獻中常可見到各種不同的術語(nomenclature)使用，如地景(landscape, Lioubimtseva & Defourny 1999)、生態系(ecosystem, Treitz & Howarth 2000)、生態區(ecoregion, Harding & Winterbourn 1997)、生育區型(habitat type, Pfister & Arno 1980)、生育地(site, Gégout & Houllier 1996)、生態土地(ecological land, Marshall & Schut 1999)等分類，其或可替代使用(Cook 1996)、或有範疇重疊、或其內涵不同，但通常無明顯之區隔或階層隸屬關係，主要端視研究者之研究目的、研究方法、分類之依據、術語之定義等。

2.2 分離式植群觀點與植群連續體觀點

分離式植群觀點(discrete vegetation concept)與植群連續體觀點(vegetation continuum concept)是植群學者爭論的議題，也進而影響植群分類法與分布序列法的不同研究方向，這兩種觀點概念可視為理解植群分布方式的不同極端。將植群視為可分離的不同單元，有助於簡便的理解溝通及資源的經營管理；而植群隨環境呈連續梯度變化係程度不同之必然，其觀點有助於貼近真實的植群樣式。植群是分離的，抑或是連續的，常端視研究者切入的觀點與當地植群的特性，某些植群單元具有顯著的特徵與邊界，某些植群則呈連續變化不易被切割為不同單元。

理想的植群分類應該是反映各植群類型之特徵及其與生育地間之聯繫的自然分類系統，但植物群落之間並無類似生物種(species)之間的親緣關係，僅有群落特徵在不同級別上的相似而已，且群落內部常常沿著某一環境因子的梯度而發生連續的漸變，從而只能劃分出相對一致的若干等級，而不同群落之間，通常也是沿著許多關係複雜的環境因子的梯度彼此發生關係，因此群落間的界線也不是截然分開的，最多只能說是相對間斷的(吳征鎰 1980)。事實上，在高階的植群單位中常包含了較低階的植群單元，Grossman *et al.*(1998)即認為分類系統只須假設將連續變異的植群組成結構，合理地分割為一系列的類別，均質的形相與植相即常被用來定義這些類別。

2.3 現生植群與潛在植群

現生植群係基於現今植群的組成和結構，潛在植群則強調自然植群發展之推論的/假設的成熟或穩定終點，接近所謂的極相，或即沈中桴(1997)所提之準極相(quasi-climax)；因此現生植群係考慮各演替階段，而潛在植群僅強調最終階段(Grossman *et al.* 1998)。對準極相森林而言，現生植群即為生育地之潛在植群，但在嚴重擾動的地區，由於植群演替進展被破壞，而減少成熟或準極相植群的存在，致使降低了現生植群與潛在植群的形相及種類之相似性。若欲對潛在植群進行分類常受限於目前植群-生育地關係的知識，和研究者推論此關係的能力(Pfister & Arno 1980; Cook 1996)。通常現生植群可包含栽培植群，而潛在植群僅指自然植群。

2.4 栽培植群與自然植群

栽培(cultural)植群係人類為經濟生產、國土保安等目的而培育之植群，而極致的自然(natural)植群係指完全未受人為影響的植群，事實上，目前臺灣山區許多現生植群是介於此二者之間，如造林失敗地的植群，既存有造林樹種亦滲雜許多自然演替更新之植物，若要強分為栽培植群或自然植群不免主觀，且難以區分出合理之境界，因此本研究論及之自然植群，有如美國國家植群分類系統(Grossman *et al.* 1998)，有時係包括半自然(semi-natural)植群在內。

2.5 植群之形相特徵與植相特徵

植群分類可基於形相、構造(structural)、功能(functional)、植相等單一或組合的準則，但僅有少數方式被廣泛接受(Grabherr *et al.* 2003)，Küchler(1956)認為植群分類系統可概分為形相分類(physiognomic classification)、植相分類(floristic classification)、形相-植相分類(physiognomic- floristic classification)3種。形相分類係參照主要優勢種的結構(高度、間距)、生長型(形態、生長方向)、葉片特徵(季節性、形狀、物候、持續性、大小、質地)，可概化大尺度的植群，快速進行調查區的初步勘查與分層，亦表現對整體環境(特別是氣候)的適應；形相分類的基本單元是群系(formation)，群系常有不同的定義，但以聯合優勢生長型和環境特徵最被接受(Grossman *et al.* 1998)。相對於形相分類而言，植相分類適用於業經詳細調查之較小的地方性尺度(local scale)，係應用植物種類的組成來定義植群類型，其方法依強調上層或地表層或全部植物而有所不同，但均有賴於密集的野外取樣、詳細的植相知識、精細的列表或量化分析取樣資料，藉以決定鑑別種群(diagnostic species groups)，其基本單元是群叢(association)，一定的植相組成、一致的外貌形相、均質的生育地狀況為群叢之要件，在野外則可識別為「在相對均質的環境上，結構及植相都一致的植群」(Grossman *et al.* 1994)。形相-植相分類系統是以形相進行高階分類、以植相進行低階分類的聯合架構，綜合思考為：形相係植群結構、生活型對生態壓力之反映，故相似環境下具有形相較一致的植群，然相似形相的植群不一定具有相同的種類組成，故須由更精密的植相調查進一步找出鑑別種；目前中國與美國之國家植群分類系統均採用形相-植相階層式聯合架構(吳征鎰 1980；FGDC 1997)。

第三章 植群分類系統之回顧

標準化且廣為使用的植群分類系統為整個國家生態體系之調查、評鑑及經營之所必需者(謝長富 2004)，很多國家均體認到標準化植群分類系統的重要性並著手制訂，經參酌中國、美國、英國(Rodwell 1991)、日本(環境廳 1999a, b)等國之植群分類系統，其中英國及日本系統之非自然植群佔有很高比重且無亞熱帶植群分布，經考量本地植群特性及與國際應用接軌可能性，以下分別檢閱與臺灣之植物地理關係深厚的中國植群分類系統，及成套系統發展的美國植群分類系統。

3.1 中國植群分類系統

植群分類是瞭解一個地區植群特點及其與他地植群聯繫的重要手段，同時又是研究植群的具體結果(吳征鎰 1980)，中國於 1980 年總結植群之研究成果並出版「中國植被」，其中第 2 篇「中國的主要植被類型」即為其植群分類系統。中國植群分類系統採用植物群落學-生態學原則，即主要以植物群落本身特徵作為分類的依據，但又十分注意群落的生態環境關係，力求利用所有能夠利用的全部特徵(吳征鎰 1980)，其依據有：

1. 植物種類組成：特別重視優勢種，因為優勢種(尤其是建群種)是群落的重要建造者。
2. 外貌和結構：植群的外貌和結構主要決定於優勢種的生活型。外貌和結構相似的群落常存於相似的環境，但其種類組成可能很不相同，然而當採用生態外貌原則進行高階植群類型的劃分時，仍有助於建立一致的大區域分類系統。
3. 生態地理特徵：任何植群類型都與一定的環境特徵聯繫在一起，它們除具有特定的種類成分和形相結構外，還具有特定的生態幅度和分布範圍。
4. 動態特徵：使用優勢種原則，並著重群落現狀，沒有特別分出原生類型(頂極群落)和次生類型(演替系列類型)，但仍考慮群落的動態特徵，一些次生群落不甚穩定明顯處於演替系列中，並未單獨被分出而是被併入相應的類型中。

中國植群分類系統以植群型、群系、群叢來分別代表高級、中級、基本單位，各單位之上設一輔助級，若有需要則下設一亞級以做補充(表 1)；其中植群型偏重於生態外貌，而群系與群叢則著重群落結構和種類組成(吳征鎰 1980)，此一系統後續在中國被廣泛地接受與使用；宋永昌(2001)參考國際植群學界之做法，對「中國植被」之各階(rank)

植群類型單位的命名與定義進行了調整，並針對臺灣之植群發表其分類方案(表 2, Song & Xu 2003)，此方案亦遵循形相-植相階層架構，高階單位(植群型綱、植群型目、植群型)採用生態形相為分類依據，中低階單位(群團組、群團、群叢)則採用種類組成作為分類依據。

表 1 中國植群分類系統之單位與其說明(整理自吳征鎰 1980)。

單位	植群類型	說明
高級	植群型組	凡是建群種生活型 ¹ 相近而且群落的形態外貌相似的植物群落聯合為植群型組，如針葉林、闊葉林、草原、沼澤等。
	植群型	在植群型組內，把建群種 ² 生活型(1 或 2 級)相同或近似，且水熱條件生態關係一致的植物群落聯合為植群型，如落葉闊葉林、常綠闊葉林等。
	植群亞型	在植群型內根據優勢層片 ³ 或指示層片的差異進一步劃分亞型，這種層片的差異一般是由氣候亞帶或地貌、基質條件的差異引起，如落葉闊葉林可分為典型落葉闊葉林、山地楊桦林、河岸落葉闊葉林。
中級	群系組	在植群型或亞型範圍內，可以根據建群種親緣關係近似(同屬或相近屬)、生活型(3 或 4 級)近似或生境相近而劃分群系組，如溫性常綠針葉林(植群亞型)可以分出溫性松林、側柏林等群系組。
	群系	凡是建群種或共建種相同(在熱帶或亞熱帶有時是標誌種相同)的植物群落聯合為群系，如興安落葉松林、遼東櫟林等。
	亞群系	在生態幅度比較廣的群系內，根據次優勢層片及其所反映的生境條件的差異而劃分亞群系，通常大部分的群系並不需要亞群系的劃分。
基本	群叢組	凡是層片結構相似，而且優勢層片與次優勢層片的優勢種或共優種(在某些情況下為標誌種)相同的植物群落聯合為群叢組，如興安落葉松群系中，杜鵑-興安落葉松林就是群叢組。
	群叢	凡是層片結構相同，各層片的優勢種或共優種(南方某些類型中為標誌種)相同的植物群落聯合為群叢。換言之，屬於同一群叢的群落應具有共同的正常種類、相同的結構、相同的生態特徵、相同的動態特點(包括相同的季節變化，處於相同的演替階段等)、相似的生境。

註：本表各植群類型之命名法、位階及定義，與宋永昌(2001)、Song & Xu (2003)、Grossman *et al.*(1998)有差異，如本表之“植被亞型”約等同 Song & Xu (2003)之“植被型”。

- 1 生活型：植物在其漫長的系統發育過程中對生態因素的綜合形態適應結果。「中國植被(pp. 146-148)」將之分為 5 級。
- 2 植物群落中主要層片(建群層片)的優勢種稱做建群種，在建群層片中有 2 個以上的種共同佔優勢，則稱為共建種。在中國南方共建種相當多，此時或採用生態幅度狹窄、對該植群類型有指示作用或標誌作用的種作為劃分類型之依據，此即為標誌種
- 3 層次(layer; stratum)是形態學概念，層片(synusia)是生態學概念，在此層片被理解為同一個生活型之不同種的組合，並認為層片是群落的結構部分(或在某種程度上為結構單位)，它具有類似的種類成分、同一小生境、同一的生態和動態特性。蘇鴻傑(1983)將 synusia 譯為“同生群”。

表 2 依中國植群分類系統所劃分的臺灣植群分類方案(Song & Xu 2003；本表僅節錄完整的“森林植群型綱”及其下內容；中文譯名殆引自徐國士等 2001)。

植群型綱 Class	植群型亞綱 Subclass	植群型目 Order	植群型 Vegetation-type	群團(僅舉例說明)Alliance
I. 森林 Forests	A. 針葉林 Needle-leaved forests	1. 寒溫性針葉林 Cold-temperate needle-leaved forests	a. 亞高山寒溫性針葉林 Subalpine cold-temperate needle-leaved forests	臺灣冷杉群團 All. <i>Abies kawakamii</i>
		2. 涼溫性針葉林 Cool-temperate needle-leaved forests	a. 山地涼溫性針葉林 Montane cool-temperate needle-broad leaved forests	臺灣雲杉林群團 All. <i>Picea morrissonicola</i> 臺灣鐵杉林群團 All. <i>Tsuga formosana</i>
			b. 山地涼溫性針闊葉混生林 Montane cool-temperate mixed needle-broad-leaved forests	昆欄樹-臺灣鐵杉-臺灣雲杉林群團 All. <i>Trochodendron aralioides-Tsuga formosana-Picea morrissonicola</i>
		3. 暖溫性針葉林 Warm-temperate needle-leaved forests	a. 山地暖溫性針葉林 Montane warm-temperate needle-leaved forests	紅檜林群團 All. <i>Chamaecyparis formosaniensis</i> 臺灣杉林群團 All. <i>Taiwania cryptomerioides</i>
			b. 山地暖溫性針闊葉混生林 Montane warm-temperate mixed needle-broad-leaved forests	紅檜-臺灣狹葉青岡櫟群團 All. <i>Chamaecyparis formosaniensis - Cyclobalanopsis stemophylloides</i>
		4. 暖性針葉林 Warm needle-leaved forests	a. 暖性常綠針葉林 Warm evergreen needle-leaved forests	馬尾松群團 All. <i>Pinus massoniana</i> 臺灣油杉群團 All. <i>Keteleeria davidiana var. formosana</i>
		B. 闊葉林 Broad-leaved forests	5. 落葉闊葉林 Deciduous broad-leaved forests	a. 山地落葉闊葉林 Montane deciduous broad-leaved forest
	b. 河岸落葉闊葉林 Riverside deciduous broad-leaved forest			臺灣赤楊群團 All. <i>Alnus formosana</i>
	6. 常綠落葉闊葉混交林 Mixed evergreen deciduous broad-leaved forests		a. 山地常綠落葉闊葉混交林 Montane mixed evergreen deciduous broad-leaved forests	昆欄樹-臺灣紅榨槭群團 All. <i>Trochodendron aralioides - Acer rubescens</i>
			b. 乾性常綠落葉闊葉混交林 Dry land mixed evergreen deciduous broad-leaved forests	青剛櫟-臺灣櫟林群團 All. <i>Cyclobalanopsis glauca - Zelkova serrata</i>
	7. 山地苔蘚林 Evergreen mossy forests		a. 山地常綠矮苔蘚林 Montane dwarf evergreen mossy forests	臺灣杜鵑-深紅茴苳群團 All. <i>Rhododendron formosanum - Skimmia reevesiana</i>
	8. 常綠硬葉林 Evergreen sclerophyllous forests		a. 山地常綠硬葉林 Montane evergreen sclerophyllous forests	太魯閣櫟群團 All. <i>Quercus tarokoensis</i> 高山櫟群團 All. <i>Quercus spinosa</i>
		9. 常綠闊葉林 Evergreen broad-leaved forests	a. 山地常綠闊葉林 Montane evergreen broad-leaved forests	森氏櫟-長尾柯群團 All. <i>Cyclobalanopsis morii - Castanopsis carlesii</i> 紅楠-昆欄樹群團 All. <i>Machilus thumbergii - Trochodendron aralieides</i>
b. 南亞熱帶季節性常綠闊葉林 Subtropical seasonal evergreen broad-leaved forests			紅皮-香楠群團 All. <i>Styrax suberkkfolia - Machilus zuihoensis</i>	
10. 熱帶雨林 Tropical rain forests	c. 南亞熱帶潮濕性常綠闊葉林 Subtropical ombrophilous evergreen broad-leaved forests	大葉榕-江某群團 All. <i>Ficus septica - Schefflera octophylla</i> 大葉楠群團 All. <i>Machilus kusanoi</i>		
		a. 熱帶季節性雨林 Tropical seasonal rain forests	蘭嶼肉豆蔻-翅子樹-蘭嶼麵包樹群團 All. <i>Myristica cagayanensis - Pterospermum niveum - Artocarpus zanthocarpus</i>	
		a. 熱帶半落葉季雨林 Tropical semi-deciduous monsoon forests	克蘭樹-血桐群落 Comm. <i>Kleinhovia hospita - Macaranga tanarius</i> 相思樹-黃荊群落 Comm. <i>Acacia confusa - Vitex negundo</i>	
	12. 海岸林 Coastal forests	a. 南亞熱帶海岸林 Subtropical rock-sandy coastal forests	黃槿-朴樹群落 Comm. <i>Hibiscus tiliaceus - Celtis sinensis</i> 海桐-黃槿群落 Comm. <i>Pittosporum tobira - Hibiscus tiliaceus</i>	
		b. 熱帶珊瑚礁海岸林 Tropical coral reef coastal forests	蓮葉桐-棋盤腳群團 All. <i>Hernandia sonora - Barringtonia asiatica</i> 稜果榕-蓮葉桐群團 All. <i>Ficus spetica - Hernandia sonora</i>	
C. 竹林 Bamboo forests	13. 暖性竹林 Warm bamboo forests			
II. 灌叢 Thickets				
III. 草本植群 Herbaceous vegetation				
IV. 岩原植群 Rock field vegetation				
V. 沼澤及水生植物 Swamps and aquatic vegetation				

3.2 美國國家植群分類系統

Jennings(1997)曾介紹美國國家植群分類系統的發展沿革。1973年聯合國教科文組織(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO)修訂Ellenberg & Mueller-Dombois(1967)之植物群落形相-生態分類方案，發展出一套世界的植群分類系統，將植群依形相進行劃分(如表3)，許多國家也依這系統完成其植群分類，但UNESCO(1973)在美國並未廣泛地被接受，因為植群形相僅適用於尺度較大的劃分，對地方性尺度的植群描述仍不夠精細；1970年代後期自然保育協會(The Nature Conservancy, TNC)執行自然襲產計畫(Natural Heritage Program)廣泛彙集各地植物種及社會的資料，藉由整合成果大力推動現生植群之繪製；1980年代早期，聯邦機構欲整合植群、土壤、水和土地型來發展國家分類系統(Driscoll *et al.* 1984)，然此系統因僅論及潛在植群、僅少數地區有完整植相資料可供清查生育地鑑別潛在植群型時利用、系統原本是為整合樣區資料而未重視繪製土地覆蓋的製圖系統及方法之設計，故未成為標準的國家植群分類系統；1980年代後期，魚類暨野生動物署開始國家孔隙分析計畫(National Gap Analysis Program, GAP)，此計畫在1990年也開始配合TNC彙集和標準化區域分類資料；由於GAP計畫與國家公園植群製圖計畫(National Park Vegetation Mapping Program)的支持，開始草擬國家群分類系統，並出版「標準國家植群分類系統-最終草案」一書(Grossman *et al.* 1994)；1997年聯邦地理資料委員會(Federal Geographic Data Committee, FGDC)成立植群小組委員會(Vegetation Subcommittee)，將植群納入國家空間資訊標準基礎建設(National Spatial Data Infrastructure, NSDI)，新增群系亞組(Subclass)類型進一步區分出栽培植群，並出版「植群分類標準」(FGDC 1997)；1998年TNC總結過去研究成果，出版「國際生態群落分類：美國陸域植群」一書(Grossman *et al.* 1998)，並在其網站上(<http://www.natureserve.org/>)提供維護、更新、查詢。

表 3 植群類型的最高級形相分類(UNESCO 1973)。

Plant-form/Height	Percent Canopy Cover of Vascular Vegetation			
	100%-60% (interlocking)	60%-25% (touching)	25%-10% (spaced)	10%-1%
Trees >5m	Forest	Woodland	Sparse Woodland	
Shrubs/Trees 0.5-5m		Shrub-land	Sparse Shrub-land	Sparsely
Shrubs <0.5m		Dwarf Shrub-land	Sparse Dwarf Shrub-land	Vegetated
Herbs	Herbaceous			

Grossman *et al.*(1994)、FGDC(1997)、Grossman *et al.*(1998)一脈相承地報導了美國國家植群分類系統，其描述如下：(1)分類系統須經科學辯證，且由現存方法邏輯推演而來；(2)分類過程必須是可重覆的；(3)分類必須使用標準術語、量化取樣、數據分析方法，始能供做信賴水準之估算；(4)分類方法在國內、國際間應廣被接受；(5)分類系統必須能對重覆出現在地景上的現生生物群聚進行一致性的歸類；(6)分類單元必須是有生態意義的；(7)分類單元必須是製圖影像上可識別出的多邊形；(8)分類系統必須具有可應用在不同空間尺度的階層架構；(9)分類系統必須可在適當尺度鑑別植群單元，以滿足資源管理、生物多樣性保育之目的；(10)分類系統須是彈性、開放的，以允許後續的增加與修正；(11)分類須易於使用者接納、精製(refine)；(12)分類系統須文件化(Grossman *et al.* 1994)。Grossman *et al.*(1998)亦提及其指導原則包括：(1)以植群為基礎的；(2)使用系統研究劃分連續體(continuum)；(3)強調自然植群；(4)強調現生植群；(5)使用形相-植相聯合階層架構；(6)根據量化和質化資料在保育實用上的尺度鑑別植群單元；(7)對製圖之各種尺度是最適的。

由於 UNESCO(1973)之世界植群形相分類方案，已被實際運用而可減少研究與發展成本、係國際專家群之成果、具生態意義、為多尺度分類與製圖而設計的階層系統、採彈性與開放架構若有需要可再加入新單元等理由(Grossman *et al.* 1994)，故被美國國家植群分類系統所採用，並略加修改為高階的形相階層，採取由上往下劃分方式(top-down; divisive)，計有以下 5 級(Grossman *et al.* 1998)：

1. 群系綱(Class)：根據植群結構(優勢種之主要生活型、高度、相對覆蓋率)將之劃分為森林(forest)、林地(woodland)、灌叢(shrubland)、矮灌叢(dwarf-shrubland)、草本(herbaceous)、非維管束植物(nonvascular)、稀疏植群(sparse vegetation)等 7 種群系綱。

2. 群系亞綱(Subclass)：對森林、林地、灌叢、矮盤灌叢等群系綱，係根據主要優勢種之葉片的物候，將之分為常綠、落葉、常綠落葉混交等3種群系亞綱。
3. 群系組(Group)：木本植群係以葉片特徵(leaf characters, 如闊葉、針葉、硬葉等)為劃分依據，並以大氣候型(macroclimatic types, 如熱帶、溫帶、冬雨等)進行識別與命名。
4. 群系亞組(Subgroup)：根據相對的人為影響(relative human impact)，每一群系組可劃分為自然(含 semi-natural, modified)、栽培(cultural, planted/cultivated)兩種群系亞組。
5. 群系(Formation)：在概要性地理環境、相對地景位置、水文境況中具有明確的形相或結構。以外加的植群結構因子(如樹冠形狀、優勢層生活型)、地理垂直分帶位置(如低地、山地、亞高山)、水文境況分類(修改自 Cowardin *et al.* 1979 年在濕地的研究)等來命名及補充較高階層的植群類型。

美國國家植群分類系統之低階的植相階層係依據各地詳細的植相資料，採取由下往上整合方式(bottom-up; agglomerative)，計有群團(Alliance)、群叢(Association)等2級；用來決定群團、群叢的鑑別種(diagnostic species)可能是優勢種(dominant species)，但當資料顯示額外的鑑別種(包括分化種 differential species、指標種 indicator species、特徵種 character species)可提供生態樣式更好的特徵時，除了優勢種外，鑑別種也被用來分類植相單元；決定群團的鑑別種出現在優勢或最高層(layer)，而決定群叢的鑑別種則可能出現任一層中(FGDC 1997)。Jennings (2004)曾對目前美國之群團與群叢有完整的描述；以下為群團、群叢之定義(Grossman *et al.* 1998)：

6. 群團(Alliance)：群團是一群形相均勻的植物群叢，共享最上層或優勢層的一或多種優勢種或鑑別種。群團通常比北美森林學者所提及的覆蓋型(cover type)略細，而與生育地類型系統(habitat type system)的演替序列相似。
7. 群叢(Association)：群叢是植群分類的最基本單位，為具有明確植相、均質生育地環境、均質形相之植物群落型。群叢具不同空間尺度出現的可能，其變異主要由地景上劇變的環境梯度、擾動過程的型式所趨動，故相同的群叢可能出現在不同尺度下的不同環境和擾動狀態。

表 4 美國國家植群分類系統(Grossman *et al.* 1994, 1998; FGDC 1997; 本表僅節錄完整的“森林群系綱”，對涉及栽培植群的“群系亞組”亦不予列出，本表之“群系”及“群團”僅為舉例說明)。

群系綱 Class	群系亞綱 Subclass	群系組 Group	群系&群團 Formation & Alliance (within Natural Subclass)	
I. 森林 Forest = Closed Tree Canopy-- Trees with their crowns overlapping (generally forming 60 - 100% cover)	A. 常綠林 Evergreen forest -- Evergreen species generally contribute >75% of the total tree cover	1. Tropical or subtropical broad-leaved evergreen rainforest. (broad-leaved evergreen trees, neither cold- nor drought-resistant)	a. Lowland tropical or subtropical rainforest b. Submontane tropical or subtropical rainforest ...	
		2. Temperate or subpolar broad-leaved evergreen rainforest. (restricted to southern hemisphere)	...	
		3. Tropical or subtropical broad-leaved seasonal evergreen forest. (mainly broad-leaved evergreen trees with some foliage reduction in the dry season)	a. Lowland tropical or subtropical seasonal evergreen forest Pithecellobium ebano Forest Alliance ...	
		4. Temperate broad-leaved seasonal evergreen forest. (mainly broad-leaved evergreen with some foliage reduction in the dry season)	...	
		5. Tropical or subtropical broad-leaved evergreen sclerophyllous forest.	...	
		6. Winter-rain broad-leaved evergreen sclerophyllous forest. (stiff leathery-leaved trees)	...	
		7. Tropical or subtropical needle-leaved evergreen forest.	...	
		8. Temperate or subpolar needle-leaved evergreen forest. (mostly needle-leaved or scale-leaved trees)	...	
		9. Extremely xeromorphic evergreen forest.	...	
	B. 落葉林 Deciduous forest -- Deciduous tree species generally contribute >75% of the total tree cover	1. Drought-deciduous forest.	a. Lowland or submontane drought-deciduous forest b. Montane or cloud drought-deciduous forest	
		2. Cold-deciduous forest.	...	
		3. Extremely xeromorphic deciduous forest.	...	
	C. 常綠-落葉混交林 Mixed evergreen-deciduous forest -- Evergreen and deciduous species each generally contribute 25-75% of total tree cover. (Includes semi-deciduous, semi-evergreen, mixed evergreen-deciduous xeromorphic, and mixed needle-leaved evergreen - cold-deciduous woody vegetation)	1. Tropical or subtropical semi-deciduous forest.	...	
		2. Mixed broad-leaved evergreen - cold-deciduous forest.	...	
		3. Mixed needle-leaved evergreen - cold-deciduous forest.	a. Mixed needle-leaved evergreen - cold-deciduous forest Betula allegheniensis-Picea rubens Forest Alliance Pinus virginiana/Quercus marilandica Forest Alliance Tsuga canadensis-Acer saccharum-Betula allegheniensis Forest Alliance ...	
		4. Extremely xeromorphic mixed evergreen - deciduous forest.	...	
	II. 林地 Woodland = Open Tree Canopy-- Open stands of trees with crowns not usually touching (generally forming 25 - 60% cover)	A. Evergreen open tree canopy		
		B. Deciduous open tree canopy		
		C. Mixed evergreen-deciduous open tree canopy		
III. 灌叢 Shrubland				
IV. 矮灌叢 Dwarf-shrubland				
V. 草本植群 Herbaceous Vegetation				
VI. 非維管束植物植群 Nonvascular Vegetation				
VII. 稀疏植群 Sparse Vegetation				

第四章 臺灣潛在植群形相分類方案之研擬

欲建構植群-環境模型須包含植群、環境、兩者之聯繫關係等 3 部分，本研究之目的在研擬植群類型，亦即 Box(1980)所提之「植群亞模型」、Cha(1995)所提之「植群型的分類」，亦即用來描繪臺灣植群多樣性的分類方案。

主要的植群類型表現著植物對主要氣候類型的適應，每個氣候類型都有一套相應的植群類型(Whitaker 1975)，由於現生植群涉及極為複雜與爭議的演替問題(Cook 1996)，許多擾動後的植群亦無法與氣候建立良好聯繫，因此氣候所形塑之植群為潛在植群(Küchler 1956; Gavilán 1998)。本研究將僅針對氣候長期作用下的潛在植群進行探討，亦即研究對象是潛在自然植群(PNV)—沒有人為影響且達到最終發展階段的植物社會(Brzeziecki *et al.* 1993)，而植群單元亦只探究到受區域氣候決定之高階的形相層級，對強烈受到歷史因素、植物區系、演替階段、擾動狀況等影響之低階的植相層級則不予討論。

4.1 臺灣潛在植群形相分類方案之原則

經參酌中國植群分類系統(吳征鎰 1980)應用於臺灣之方案(徐國士等 2001; Song & Xu 2003)、美國國家植群分類系統(Grossman *et al.* 1994, 1998; FGDC 1997)等分類植群之原則，並配合本文探究臺灣氣候與植群的對應關係之目的，研擬本研究之潛在植群形相分類方案的原則如下：

1. 強調潛在、自然植群，且為演替後期較穩定的準極相植物社會。
2. 僅分類至植群外貌形相，對一致形相下可再細分的植相分類不予處理。
3. 著重反映氣候的特徵，對海漂林、溪灘、碎石坡、岩壁、石灰岩等非氣候主導之植群不予處理，強調長期氣候作用下之準極相植群。對受鹽霧(salt-spray)等影響之海岸植群帶(coastal vegetational zonation, Numata 1972)也不考慮。
4. 使用由上往下劃分的(divisive)階層架構來反映不同形相層級的生態環境特徵。
5. 使用非重疊性(non-overlapping)的分類方式，某地僅能被歸入某植群類型。
6. 使用國際廣為接受之術語。

7. 儘可能配合目前廣為接受的山地植群帶分類方案(Su 1984b)。
8. 分類單元必須是製圖影像上可辨識出的多邊形。
9. 製圖尺度能與臺灣氣候網格值及遙測影像空間解析度相配合。
10. 考慮到未來能與現生植群分類體系相結合之架構。

4.2 臺灣潛在植群形相分類方案之架構

表 5 為幾種植群分類系統之類型單位間的對應關係，可以發現各研究者均以階層架構來描述植群，其形式如同說明生命現象高低水準的生物組織層譜(levels-of-organization spectrum)，亦如說明環境因子影響作用範圍的環境層級系統(hierarchical system of environment)概念，植群變異本質也遵循著層級控制原理(principle of hierarchical control)，整體非僅為各部分之總和，且高階之環境因子能形塑高階之植群類型單位，亦影響低階之植群類型單位。準此，本研究將採用階層架構來描述植群分類。

由表 5 亦可發現各研究者對於植群類型的術語使用具有很大的歧異，常有同詞異義、同義異詞之情形，即便是同一作者在系列研究中亦可見同一位階之植群採用不同的術語；緣於本研究在探討氣候-植群間之關係及樣式，而Tansley(1941)認為氣候作用下的潛在自然植群，即為形相分類的基本單位—群系，因此群系可視為Clements(1936)之“極相”、或Tansley(1936)之“氣候極相”、或沈中桴(1997)之“準極相”的基本單位，其內含了某地達到極相前的植物社會發展階段(演替序列)。準此，本研究將以群系做為植群形相分類的基本單位，並採用美國國家植群分類系統之類型單位名稱為架構。

中國與美國之植群分類系統，皆採取形相-植相聯合架構，其高階的形相分類之類型單位採取由上往下劃分的方式，均具包含性(inclusion)可進行確定的離散式之階層分解，亦即上階單位包含下階單位(如表 2：森林□針葉林□寒溫性針葉林□亞高山寒溫性針葉林；亦如表 4：Forest □ Evergreen forest □ Tropical or subtropical broad-leaved evergreen rainforest □ Lowland tropical or subtropical broad-leaved evergreen rainforest)，FGDC(1997)也更進一步對各植群類型加以定義說明，以避免劃分時產生模糊；此二系統之命名法通常具有繼承累加性(inheritable cumulation)，即下階單位之名稱繼承累加了上一階單位之名稱，如表

2 之“寒溫性針葉林”繼承累加了上一階單位之“針葉林”的名稱。準此，本研究將採取由上往下之方式來劃分植群形相，各類型單位之命名亦將具有繼承累加性。

中國與美國植群分類系統之各植群類型階層具有一致的符號標記(label)方式。準此，本研究亦將予以延用，以 I. II. III. ...表示群系綱，以 A. B. C. ...表示群系亞綱，以 1. 2. 3. ...表示群系組，以 a. b. c. ...表示群系。

至於植群類型之命名描述，依語義順暢及邏輯思維，本研究採用環境因子描述於前、植群本身特徵描述於後的方式；若同為環境因子描述，則較高階的因子置前、較低階之因子置後，植群本身特徵描述亦比照之。

表 5 幾種植群分類系統之類型單位間的對應關係(宋永昌 2001；再加入Grossman *et al.* 1998資料)。

Rübel(1936) Alechin(1950)	Ellenberg & Mueller-Dombois (1967)	吳征鎰 (1980, 宋永昌 2001 年修改)	Braun-Blanquet (1951)	Whittaker (1978)	Grossman <i>et al.</i> (1998)
植被基本型 Basic Vegetation Type	群系綱 Formation Class	植被型綱 Class of Vegetation Type		群系型 Formation Type	群系綱 Formation Class
	群系亞綱 Formation Subclass	植被型亞綱 Subclass of Vegetation Type	群落門 Division		群系亞綱 Formation Subclass
群系綱 Formation Class	群系組 Formation Group	植被型組 Group of Vegetation Type		群系或生物 群系 Formation or Biome	群系組 Formation Group
	群系 Formation	植被型 Vegetation Type	群落綱 Class	亞群系 Subformation	群系 Formation
群系組 Formation Group	亞群系 Subformation	植被亞型 Vegetation Subtype		類型集 Collective Type	
群系 Formation	群系 Formation	群落目 Order		
群叢組 Association Group		群叢組 Association Group	群團 Alliance	優勢度類型 (群叢) Dominance Type (Association)	群團 Alliance
群叢 Association		群叢 Association	群叢 Association		群叢 Association
		亞群叢 Subassociation	亞群叢 Subassociation		
			群落相 Facies		

註：本表之植群類型間的對應關係並非絕對性；再者，即使如 A 文獻(吳征鎰 1980)、B 文獻(宋永昌 2001)、C 文獻(Song & Xu 2003)之同一系列的研究，亦可發現相同位階之植群類型單位曾使用不同的名稱，如 C_植被型目 = B_植被型組 = A_植被型、C_植被型 = A_植被亞型、C_群團 = A_群系。

4.3 臺灣潛在植群形相分類方案之研擬

檢視中國與美國國家植群分類系統之類型單位及其主要分類定義或依據(表6)，可知2系統對植群之各項特徵的重視程度不同，此或與發展歷史、地域性背景有關；在第1階(綱)中2系統均以外顯直觀的植群生活型為劃分依據；至第2階(亞綱)，中國系統重視優勢種之葉片形態，劃分森林植群為針葉林、闊葉林、竹林，而美國系統則重視優勢種之葉片物候，劃分森林植群為常綠林、落葉林、常綠落葉混交林；此2系統再往下劃分，則差異更大。

表6 中國(左)與美國(右)國家植群分類系統之類型單位及其主要分類定義或依據(Song & Xu 2003; Grossman *et al.* 1998)。

類型單位	主要分類定義或依據	類型單位	主要分類定義或依據
植被型綱 Class	優勢層片1級生長型一致的群落之聯合	群系綱 Class	優勢種之相對覆蓋率、高度、主要生活型，如森林、灌叢
植被型亞綱 Subclass	優勢層片優勢種之葉片形態，如針葉、闊葉	群系亞綱 Subclass	主要優勢種之葉片物候，如常綠、落葉
植被型目 Order	優勢層片的生長型及形相相似的群落之聯合。與大氣候或特殊生育地有關	群系組 Group	主要優勢種之葉片形態，如針葉、闊葉
植被型 Vegetation Type	優勢層片之生長型及形相一致，具相似水熱條件或佔相同生育地的群落之聯合。帶狀植群型反映了某一生物氣候帶，而非帶狀植群則為特殊環境所造成	群系 Formation	以植群結構因子(如樹冠形狀)、相對地景位置(如亞高山)、水文境況分類(如洪泛)來補充、命名更高層級的植群類型
群團 Alliance	優勢層片優勢種相同，具相似生態習性、並具有相同特徵種的群叢之聯合	群團 Alliance	最高或優勢層次之優勢種/鑑別種。一群形相均勻的群叢，共享最上層或優勢層的一或多種優勢種或鑑別種
群叢 Association	相同的形相及層片結構，高一致性的種類組成及種間比例，並具有相同特徵種群或鑑別種的群落之聯合	群叢 Association	各層次中均具共同的優勢種/鑑別種。具有明確植相組成、均質生育地環境、均質形相之植物群落型

註：本表二者無一致性之對應關係。

由表 2、表 4、表 6 可以看出氣候為植群分類之重要依據，且本研究僅論及氣候作用下的潛在植群形相分類，因此除考量植群之本身特徵外，主要由氣候之熱量與水分的觀點來研擬分類方案，表 7 為本文針對臺灣潛在植群形相分類方案之各階植群類型的劃分依據，以下分別陳述之：

1. 群系綱：世界各大植群分類系統對植群之描述，最直觀的遠望即為其整體外貌形相，最簡化的分法僅包含森林、草原兩類，而植群之所以形成森林或草原，或其他更為細分的類型，主要是受到溫度境況與水分境況的共同作用，因此本研究將以環境之水熱綜合條件做為第 1 階群系綱之劃分依據，但仍以植群整體形相外貌來命名。
2. 群系亞綱：論及第 2 階亞綱，中國系統重視優勢種之葉片形態，而美國系統則重視優勢種之葉片物候，均在表明溫度對植群形相之作用；臺灣為一高山島嶼，植群在山地垂直帶上的分化遠顯著於水平緯度帶的變化，故山地垂直帶反映山地植群之主要變異已為本地學者共識；然山地之海拔高度僅是間接的環境因子，植物分布係依溫度之直接效應而反應(蘇鴻傑 1992)，因此本研究將以熱量氣候帶之觀點來劃分群系亞綱。對於中國及美國等洲際(continental)範圍之大面積區域，水平基帶上的植群及氣候具明顯緯度帶向分化，以氣候帶來取代“針葉-闊葉”、“常綠-落葉”的表示法亦能適用，以環境層級控制觀點與邏輯的包含性來看，或可謂更適用之。另外，以山地、亞高山等山嶽地景位置(orographic landscape position)描述山地植群分布，較抽象的熱量氣候帶更易於說明與理解，本研究將其列為群系亞綱之輔助描述；未來論及現生植群或能擴及溝谷、中坡、稜脊等尺度較小的地形，但其宜降至描述群系之範疇。
3. 群系組：植物社會之優勢種葉片的物候及形態是接近森林時最直接的觀察，也是遙測最重要的光譜(spectrum)特徵，中國及美國系統均將此分別置於上一階植群類型單位(亞綱)以表徵氣候之作用，然就本地之實際植群而言，溫帶林中常綠、落葉、針葉、闊葉呈現上下交錯之現象，對環境之反映實遠不及前述所採用之熱量氣候帶，因此本研究將以優勢種葉片的物候及形態聯合做為第 3 階群系組之劃分依據。
4. 群系：環境之潮濕或乾燥為研究者進入林內之直接感受與觀察，水分境況之

季節變化更能影響苔蘚有無、葉片大小、乾落葉(drought-deciduous)等植物社會特徵，故將水分境況列為群系分類依據之一；具生物背景之研究者，除觀察植群之形相及生育地環境外，亦注意其優勢的分類群(dominant taxa)，經驗豐富者能藉由優勢分類群逆向綜合推導(comprehensively converse deduce)各種環境因子交互作用結果之整體生育地(whole habitat)，因此優勢分類群有時比複雜的、交互作用的、難以精確說明的環境因子，更能傳遞植群及生育地的生態意義，亦能用來補充低階植相分類法依據鑑別種時所忽略的優勢植群種類。本研究綜合採用水分境況、優勢分類群做為第 4 階群系之劃分依據。未來論及現生植群，部分非由氣候主導的植群、位處石灰岩、河口、碎石坡、衝風帶等特殊生育地之植群，亦宜納入群系之範疇。

表 7 臺灣潛在植群形相分類方案之類型單位、劃分依據、舉例

類型單位	分類依據	舉例
群系綱 Class	水熱境況之綜合條件下的優勢生長型 the predominant growth-form in the complex of thermal and moisture regime	森林
群系亞綱 Subclass	熱量氣候帶 thermal climate zone 山嶽地景位置 orographic landscape position	冷溫帶亞高山森林
群系組 Group	優勢種之葉片的物候及形態 the phenology and types of predominant leaf	冷溫帶亞高山常綠針葉林
群系 Formation	水分境況 moisture regime 優勢分類群 predominant taxa	冷溫帶亞高山重濕常綠針葉臺灣冷杉林

控制植群之類型與分布的主要氣候因子可歸總為能量因子(energy factor)、寒冷因子(chill factor)、水分因子(moisture factor)(Masuda 2000)，能量因子如 WI、BT、Tm、輻射量、日照時數、生長季長度等，寒冷因子如 CI、日最低溫、霜日(frost day)等，水分因子如 Py、MI、K 等(Tuhkanen 1980; Woodward 1987)。除考量植群之本身特徵外，以下即由能量、寒冷、水分這 3 項氣候因子之觀點，研擬臺灣潛在植群之群系綱、群系亞綱、群系組、群系等形相分類。

4.3.1 群系綱(水熱境況之綜合條件下的優勢生長型)

由於北迴歸線橫貫臺灣，冬夏季風及颱風帶來豐沛降水，因此就全島整體平均而論，綜合的水熱境況尚不致成為林木生長之限制因子，以Holdridge(1967)生命帶之製圖結果來看(邱清安等 2005)，臺灣自亞高山(北方)雨林至熱帶乾燥森林均有分布，而無草原等非森林類型，因此在第 1 階群系綱中可推論僅有森林 1 類。然臺灣最高溫乾旱的平地及最寒冷的高山區域是否真能形成森林？此亦為臺灣是否具有疏林⁴(savanna, savannah)、寒原⁵(tundra)之爭議，若臺灣無疏林、寒原，則本地之植群全為森林殆無疑義。另外，美國國家植群分類系統於森林(鬱蔽樹冠、林木的樹冠互相重疊、一般形成 60~100%的覆蓋度)群系綱之外，另外列出林地(woodland = open tree canopy)群系綱(FGDC 1997)，其定義為(1)林木的樹冠不相接觸(通常形成 25-60%的覆蓋度)；(2)冠層林木的覆蓋度也許少於 25%，亦即當其他生活型(灌木、矮灌木、草本、非維管束植物)的覆蓋度是少於 25%時，林木的覆蓋度會超過其他生活型的覆蓋度；此種定義不禁令人懷疑是否須全面的且詳細的調查，始能完成此一最高階的形相分類，因此本文認為至少就臺灣之潛在植群形相分類而言，並不須在森林群系綱之外，另列出林地群系綱。

4.3.1.1 疏林的討論

Wilhelm(2002)在探討何謂疏林時，認為自然的多樣性與人類語言學(linguistics)的侷限，造成自然與人類間的藩籬(the apartheid between Nature and Man)，或許在植群分類時應較科學付出更多心力在語言學上，氏認為疏林在世界各地具有多種自然的形式，各地及各學門各自架構其術語，因而學者間對疏林也有不同的理解，造成科學上紛歧之定義，如用來定義疏林的林木冠層覆蓋率有 30%、40%、50% 不等；在 Google 網路可查到 21 則疏林的學術性定義(define: savanna)，狹義者僅指分布於熱帶與亞熱帶之散生少量耐旱林木的禾草(graminoids)草原、藉週期性火燒來維持、具明顯的旱季及降水較沙漠多的雨季、為森林與草原之過渡帶；而廣義的疏林泛指散生林木之草原，並不侷限於熱帶與

⁴ 沈中桴(1997)將savanna譯為疏木草原。

⁵ 中國大陸多譯tundra為“凍原”，或有譯之為“苔原”者，本文認為地表下永凍層僅為極地寒原而非高山寒原之環境特徵，且寒原之內部涵括多種植群形相而不僅以苔蘚為優勢，因此延用本地慣用之譯名——“寒原”。廣義的寒原可分極地寒原及高山寒原，其中極地寒原又稱為真實寒原(true tundra)，多指近北極之區域，而於近南極之寒原，因分布面積小而較少被論及。

亞熱帶，Nelson(2002)即曾將美國密蘇里州之林木覆蓋小於 30%的溫帶山地現生植群列為疏林，Wikipedia百科全書(<http://en.wikipedia.org/>)也列出分布於多種生物群系(biomes)的疏林，包括熱帶與亞帶(tropical and subtropical)、溫帶(temperate)、地中海型(mediterranean)、洪泛區(flooded)、山地(montane)等多種疏林，此均呼應了Wilhelm(2002)之論見。

本地學者蘇鴻傑(1978)論及熱帶雨林群系時，曾謂：「除南部恆春半島之季風林及本島西部臨海地區之疏林兩型外，其他之臺灣低海拔山麓及平地殆為熱帶雨林之分佈區。」；劉業經等(1994)論及熱帶疏林群系時，曾謂：「疏林為界於森林與草原之中間型植物群系，樹木矮小而零落，下層植物多與樹木層同高。臺灣之疏林群落出現於北港溪與大安溪間之西海岸地帶與澎湖列島，植物以禾本科與莎草科之高草類為優勢種，樹木僅散生其間...」；柳楮(1968, 1970)認為本島海岸地帶之土壤鹽分高且受季風影響大，故其群落為熱帶疏林，然渠亦提及「本區年雨量 2,000 mm 以上，故得以形成森林之群落...」。本文將疏林定義為較狹義的「分布於熱帶及亞熱帶之氣候形塑的準極相植群(climate-shaped quasi-climax vegetation)」，認為臺灣西部臨海一帶之現生植群在景觀上或似疏林，然其為土壤鹽鹼加諸明顯冬早之生理旱地所造成(陳玉峰 1995)，或係火燒等人為擾動所造成之現況，況且此區就面積而論尚稱不上本文所認知的“點綴著林木的廣袤草原”之疏林外貌，沈中杼(1997)亦曾論斷「臺灣島上(在未受到種種人類活動的干擾或破壞前)，近千年來極可能從未存在過作為單純氣候極相植生的稀木草原，但近千年來在臺灣島西部若干土質鹽鹼而且各季雨水都最少(全島而言)的沿海平地地點的潛在極相植生可能在外觀上無異於潤次濕平地-稀喬木高草原(moist-subwet plain tall-grass tree-savanna)的一般情況」；至於蘇鴻傑(1978)記載的「山地松林一型，景觀上與疏林相似...」，本文認為其多係人類引發之火燒擾動後的演替階段，即便如渠所指「發生於 2,000 公尺以上群落，由於火災呈週期性發生，演替被迫停頓，而淪為次極盛相」，本文認為山地松林至多可稱之為火燒造成之次極相，而非氣候型準極相疏林。

本文藉由ArcGIS之Spatial Analyst疊合計算海拔 100 m以下之氣候圖層，用來繪製Walter(2002)之生態氣候圖(ecological climate diagram)，結果顯示全區之平均屬於相對濕潤(relative humid)及重濕(perhumid)，但進一步再疊合求算其中冬雨

率⁶(Pr) 0.1 以下之區域，用以代表有可能形成疏林之高溫、冬季少雨的區域(出現於西南部平原，如圖 1)，結果顯示其整體平均之年均溫達 24.0°C，但年降水量亦達 1,855 mm，此區之生態氣候圖有相對乾季(relative drought)發生，勉強可列進入Walter(2002)定義的熱帶落葉林或疏林(tropical deciduous forests or savannas)之列，但由於缺水之情況並不嚴重，依Thornthwaite(1948)認為土壤剩水可抵銷下一季之缺水的見解，將更抵消缺水之情況，應尚不至形成疏林；另一方面，由Holdridge(1967)反映濕度級(humidity provinces)的年平均潛在蒸發散量比例(PER)來看，臺灣最乾之區域出現於西部沿海一帶(圖 1)，但仍屬於略濕級(subhumid, PER > 1.0)，而前述之西南部平原低地則屬濕度較高的潤濕級(humid)。沈中桴(1997)也指出臺灣西部海拔 500 m 以下區域(南抵屏東平原)，在冬季乾月時常有持續濃霧(水平降水)，故將本區植群類型列為半常綠闊葉林。

綜上所述，不論蒸發散率最高的西部沿海一帶，或氣溫最高且冬雨率最低的西南部平原，由生態氣候圖及年平均潛在蒸發散量比例來看，其缺水之逆境並不嚴重，且乾季發生於林木生長減緩之冬季，又有持續霧氣補充水分，故本文認為臺灣或有形相為稀木草原之局部性現生植群，其潛在植群應為冬季乾旱之落葉闊葉林，並不具潛在的氣候型準極相疏林植群。

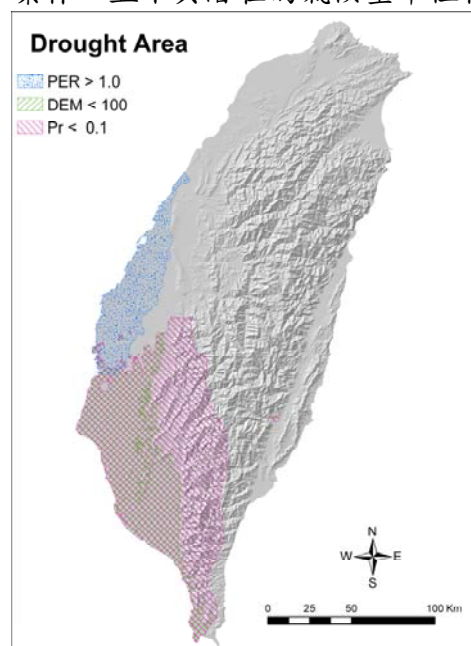


圖 1 可能發生乾旱之區域(藍點區為 PER>1.0 之區域；綠斜線表海拔 100 m 以下區域，紅斜線表冬雨率小於 0.1 之區域)。

⁶ 冬雨率(Pr)係 Su(1985)用來劃分臺灣地理氣候區的主要依據，氏將 5 ~ 9 月降水量總和視為夏半年降水(summer precipitation, Ps)，11 ~ 12 月及 1 ~ 3 月降水量總和視為冬半年降水(winter precipitation, Pw)，冬雨率即冬半年降水量佔全年降水量之百分率；臺灣冬雨率最低處在西南部平原，即冬季東北季風之雨蔭帶。

4.3.1.2 寒原的討論

寒原(tundra)一字係由芬蘭語tunturi而來(或謂由Sami語而來)，意為無樹平原(treeless plain)，因此原僅指分布於北極地冰帽(icecaps)與樹木界線(treeline)之間的無樹平原，環境以地表下具永凍層(permafrost)、貧脊表土於年內長期冰雪而短期融化為特徵，植群受低溫、強風、短生長期所阻礙，而以苔蘚、地衣、草本植物和低矮灌叢為組成，係世界主要生物群系(biome)或氣候類型之一(Holdridge 1967; Trewartha 1980; Walter 2002)，在歐亞大陸、北美之高緯度區佔有廣大面積，其內部之結構與外貌亦相當大的差異，阿拉斯加地理植物中心(Alaska Geobotany Center, <http://www.geobotany.uaf.edu/>)即根據生物、氣候、土壤等因子將之分為A~E等5個亞帶，若由其在緯度帶的分布可予以簡化為(1)高極地寒原(high arctic tundra)：於北極洋內島域，以散生在岩石上之地衣和苔蘚為主，多年生草本僅存在於冰磧碎石岩縫間；(2)中極地寒原(middle arctic tundra)：於北極洋海岸一帶平原，連續的結凍-融解之循環過程，形成斑塊鑲嵌狀的圖案式地表，環內浸水微生育地多水蘚、莎草等，外部環丘較乾可生長草類及墊狀石楠等；(3)低極地寒原(low arctic tundra)：常於排水較佳之坡面上，草本植群生長較繁茂，柳、楊、石楠等木本灌叢亦較常出現，毗鄰於更低緯度的常綠針葉林(冷杉、雲杉)。廣義的寒原則泛指低於樹木生長之低溫限制的地景，可分為前述的極地寒原(arctic tundra)與高山寒原(alpine tundra)，徐文鐸(1985)認為高山寒原帶的同義語有高山草原帶、高山植物帶、高山小灌木帶、高山草本帶、高山苔原帶、山地苔原帶；樹木生長之低溫限制，即所謂的樹木界線⁷，由於矮盤灌叢亦屬高山寒原形相之一(Pojar & Stewart 1991)，故樹木界線係指直幹挺立的樹木，表徵著兩種生活型較急劇的過渡(abrupt transition)。

⁷ 由森林至無樹之間的高海拔地景，在生態上可視為兩個生物社會的過渡帶，可分為(1)森林界線(forest line)指連續森林分布之最上限；(2)樹木界線(treeline)指直立樹木分布之最上限；(3)林木界線(timber line)指森林界線與樹木界線之過渡帶；(4)矮盤灌叢界限(krummholz limit)指矮盤灌叢分布之最上限；(5)前哨林(forest outposts)指高於樹木界線之外的樹島或林塊(tree islands or forest patches, Mische 1989; Holtmeier & Broll 1992)；於高緯度區域，或用森林界限(forest limit)、樹木界限(tree limit)以做為水平緯度成因與垂直海拔成因之區隔。在實際應用上，許多學者對此臨界線的認定有差異，因而除了明確的特定研究標的外，也常見到術語的混用，Armand(1992)基於連續性變異之觀點，認為任何自然的邊界實際上都是一種過渡帶，本身即具有兩個邊界，而此二邊界亦為過渡帶具有其本身的邊界，如此無止盡，因此自然邊界實務上是不準確的，藉由常規協議(convention)來決定。本研究暫以中文之“林線”來含括不同報告所混用的臨界線名詞，但仍認為本地採用森林界線做為森林植群與寒原植群之臨界線較為適宜。

臺灣不存在氣候造就之寒原的論見，在日據時代即普遍認為玉山、雪山等高山嶺峰係因地質與強風迫使樹林無法生育，而非氣候之制約，臺灣森林的潛在上限可達海拔 4,500 m(本多 1899；佐佐木 1922，轉引自陳玉峰 1996)，黃凱易等(2000)亦認同斯煒(1948)認為風力決定玉山之森林界線的見解；另一方面，曾論及臺灣寒原植群之學者，Wang(1962)謂其於 3,500 m 以上、柳楨(1968; 1971)謂其於 3,600 m 以上、劉業經等(1994)謂其於森林界線至雪線之間，即應為 Su(1984)以 3,600 m 林木界線(timberline)所劃分的亞寒帶高山植群帶⁸，其形相於下部為主要由玉山圓柏與玉山杜鵑所形成之矮盤灌叢，上部則為鑲嵌草本群落之碎岩裸地；過渡性的林木界線並非呈規則之帶狀，顯示出地形、土壤、風、碎石、水分等多項環境因子交互形塑下的植群，而其最重要的因子以地形為代表，地形上的小溝谷既可堆積較多土壤與水分亦能避風害，因此臺灣冷杉林可沿溝谷這一較佳的生育地向上呈舌狀延伸，然此一林線是否與決定寒原分布的低溫臨界線相契合？以臺灣海拔 3,600 m 以上區域之各月均溫與降水量所繪製的生態氣候圖，代表有可能形成寒原之高山區域，可知此區年平均氣溫 4.9°C、年降水量 2,792 mm，且夏雨率⁹(Pr_s)% 在 55 ~ 75% 之範圍內，顯示臺灣高山全年之水分境況尚不至限制樹木之發育，而目下所見玉山、雪山等嶺峰下的矮盤灌叢形相既可歸屬於前述之低極地寒原，因此探討臺灣是否存在寒原之問題，可藉由臺灣高山之林線所在來予以定界。

高山林線與氣候之對應關係的研究，常由最暖月均溫來界定，進而強調生長季之長度與均溫，但熱量境況仍為全球林線之海拔高度的最佳解釋(Danils & Veblen 2003)；傳統上認為林線對應於最暖月 10°C 等溫線(Wardle 1971)，或謂寒原分布於雪線與林線之間(劉業經等 1994)，即最暖月均溫 0 ~ 10°C 之間(Troll 1973; Trewartha 1980)，Körner(1998)認為受緯度與海拔高度影響的熱量境況決定雪線與林線之位置(如圖 2)，氏分析各地高海拔林線之位置後，認為最暖月均溫系統性的高估了林線之真實溫度，極地寒原因生長季短暫而常以夏季積溫(total

⁸ Su(1984b) 將 3,600 m 以上劃歸為亞寒帶高山植群帶，對照其於中橫公路、太魯閣國家公園之調查(蘇鴻傑 1978, 1994)，曾述及「...在此廣大地區內之各種植物群落，實可代表臺灣全島之一般植群。區內之寒原、森林及疏林一應俱全...」、「...舉凡草原、高山寒原、針葉林、闊葉林、竹林、甚至人造林中都可發現特有之種類...」，可推論蘇氏將亞寒帶高山植群帶認定為寒原。

⁹ 仿 Su(1985)之冬雨率計算方式，本文將夏雨率(Pr_s)定義為夏半年降水量(Ps)佔全年降水量之百分率，可更直接表明高山植物生長最旺盛的 5 ~ 9 月之降水狀況。

summer warmth)做為環境重要指標(Walker *et al.* 1988; Gensuo *et al.* 2002)，然高山寒原因生長季較長，故以全年積溫來表徵林線之所在較為適當。

計算積溫之關鍵為植物生長的基礎溫度(base temperature)，亦即植物生長的最低臨界溫度，Körner(1998)認為其約在 3 ~ 10°C 間，亟待實驗與野外確認，並建議使用 5.5 ~ 7.5°C 做為計算積溫的標準，Ohsawa(1990)論及東、南亞山地之林線，則採用各月份大於 5°C 之溫度總和—Kira 溫量指數(Kira 1977, 1991)，本文亦認為以發展於濕潤東、南亞的 Kira 溫量指數較適用於本地，表 8 為東亞之高山林線的氣候資料，北緯 30°N 內之高山林線的溫量指數平均為 15°C，此即 Kira(1977)、徐文鐸(1985)為林線定界及劃分寒帶之標準，再者，以 ArcGIS 疊合海拔 3,600 m 等高線及溫量指數 15°C 等溫線，顯示二者極為重合，故對 Su(1984b)使用的溫量指數 12°C 臨界線宜略加修正。然而，上述觀點僅是由林線現況及溫量指數來比對推論，將臺灣之林線設定於 WI=15°C 並不成熟(premature)，對未出現恒常性雪線的亞熱帶高山，其林線係在巔峰最高處之下方，除了溫度外，尚有風力、土壤、裸岩等其他因子影響真實林線之海拔，在東、南亞最顯著的例子為神山(Kinabalu, 4,101 m)頂之花崗石裸岩所造成的林線，此亦即真實的綜合性生態幅度小於潛在的溫度生態幅度之現象，故本多(1899)、佐佐木(1922)認為臺灣林線約為 4,500 m(轉引自陳玉峰 1996)，斯煒(1948)、黃凱易等(2000)也認為風之作用才是控制玉山林線的主因，本文認為解決此一爭論之關鍵，乃在確定臺灣冷杉及玉山圓柏的生長基礎溫度，而間接性的研究，則可參考年溫差(TRy)來修正溫量指數(Fang *et al.* 1996; 蔣復初等 2004)，年溫差亦為 Wolfe(1979)據以劃分東亞植群的主要氣候指標。

綜上所述，本文認為臺灣之玉山、雪山等高山巔峰下的林線，多少受到碎石崩落、土層淺薄、風之作用等環境的限制，但在可見的未來，由熱量帶及植群形相之觀點來看，在溫量指數 15°C 以上、海拔約 3,600 m 以上的高山區域，其植群形相與北方靠近針葉林之緯度較低的極地寒原相近，故可劃歸於寒原群系網。

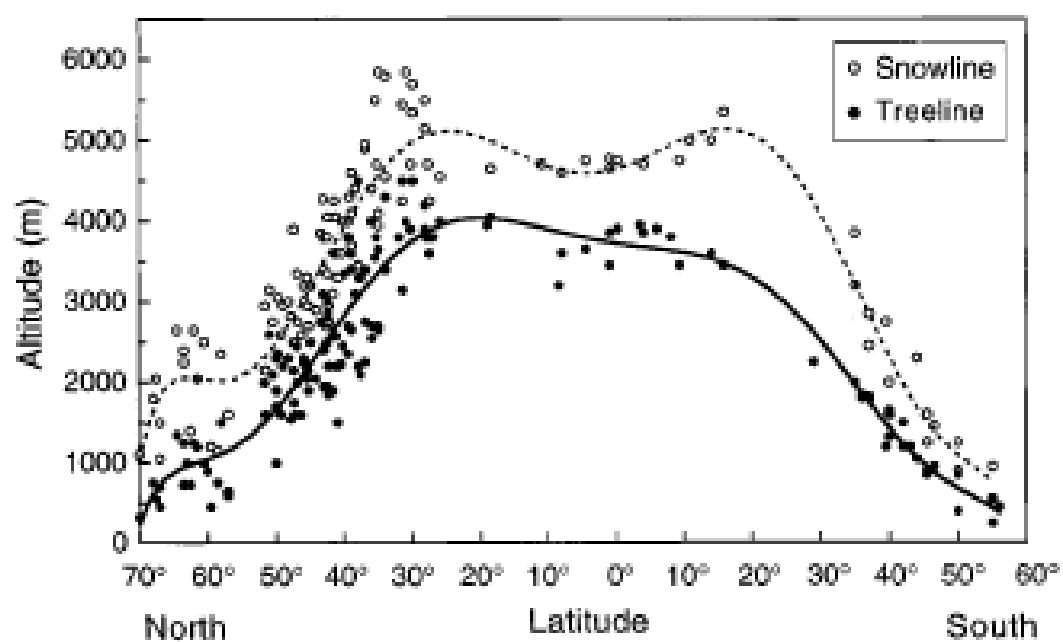


圖 2 世界各地之林線與雪線的海拔位置(Körner 1998)。

表 8 東亞之高山林線的氣候資料。

地點	緯度	林線	年均溫	最暖月均溫	最冷月均溫	溫量指數	文獻
中國 四川理塘	30.0°N	4200	3.0	10.4	-6.1	20.4	
中國 四川稻城	29.0°N	4200	1.2	9.2	-8.6	14.6	Ohsawa(1990)
中國 西藏	29.0°N	4000	1.8	9.8	-7.8	13.0	平均溫量指數 15.0
尼泊爾 Namche Bazar	27.5°N	3900	3.7	9.3	-3.2	16.8	
尼泊爾 Walungchung	27.4°N	3800	2.4	8.3	-5.0	10.0	
臺灣 >3600m 區域	23.5°N	3600	4.0	7.2	-0.9	-	柳 楷 (1968, 1971)
臺灣 玉山	23.5°N	3600	5.0	7.0	-1.0	12.0	Su(1984b) 蘇鴻傑(1978)
臺灣 >3600m 區域	23.5°N	3600	4.9	7.9	0.2	15.0	本研究

註 1：林線之單位為 m；均溫及溫量指數之單位為°C。

註 2：認定寒原之界線：Ohsawa(1990)使用 forest limit、柳楷(1968, 1971)認定於林木界線與更高的雪線之間、Su(1984b)使用 timber line 描述亞寒帶高山植群帶。

4.3.2 群系亞綱(熱量氣候帶、山嶽地景位置)

Hutchins(1947)曾謂由於冬季最低溫影響物種的存活(survival)，夏季最低熱量需求(minimum heat requirement)影響物種之繁衍，致使物種之分布明顯有溫度帶化(temperature zonation)現象；溫度藉由(1)正作用—植物在生長期內須某一最小的熱量；(2)負作用—夏季過高的溫度；(3)負作用—冬季過低的溫度，影響植物地理分布(Kira 1977)，Federici & Pignatti(1991)比較義大利及澳洲西南部之地中海型氣候區，義大利多山環境使熱量狀況強烈分化，致使生物氣候梯度及其植群遠較澳洲西南部更為分化；臺灣山地植群之垂直帶狀分化已為本地學者共識，然海拔高度僅是間接的環境因子，植物分布係依溫度之直接效應而反應(蘇鴻傑 1992)，因此本研究捨棄美國、中國植群分類系統單以優勢種葉片之形態、物候(Grossman *et al.* 1998; Song & Xu 2003)來決定亞綱之偏執，綜合性地採用熱量氣候帶、植群帶來決定群系亞綱，亦即取得熱量帶與植群帶之對應，並進一步加以劃分，而山嶽地景位置僅做為輔助性描述。表 9 為東亞氣候帶之劃分及歷來臺灣植群帶之劃分，各學者對垂直帶譜¹⁰之劃分及命名常有差異，茲將相關問題應先予釐清如下：

1. 劃分的對象主體與指標：Fang *et al.*(2002)回顧中國之植群區/帶劃分，計曾有 17 種方案被提出，其劃分的依據準則包括(a)植群帶、植相組成、栽培植群均同為準則；(b)植群帶為首要準則，植相組成、栽培植群為次要參考；(c)植群及氣候同為關鍵。本研究所討論的對象為表明區域氣候作用下的準極相潛在自然植群，本質上為潛在的植群帶、植群氣候帶、氣候極相植群帶、生物氣候帶、與氣候極相對應的自然帶(方精云 2001)，故就劃分的主體而言，栽培植群可予摒棄，而以植群本身特徵為考量，此係由於植群帶的劃分對象為植群，而不是氣候或其他自然因素(Su 1984a; Numata 1984; 吳征鎰 1980; 宋永昌 1999)，然現實狀況下的準極相自然植群多不完整，完全依賴植群類型來劃分植群帶難以實踐，因此操作上可利用氣候-植群關係，根據氣候指標來劃分植群類型(方精云 2001)，亦即基於氣候控制植群、植群反映氣候之概要觀

¹⁰ 緯度地帶性、經度地帶性、垂直地帶性 3 者的結合，決定了氣候、土壤、植群等自然地理的基本特性(Troll 1971; 吳征鎰 1980; 方精云 1995; 宋永昌 2001)，即所謂三向地帶性學說(three-dimensional zonality)，其中緯度地帶性、經度地帶性可合稱為水平地帶性，其命名排列組合規律稱為水平帶譜；而垂直地帶性係由於海拔變異引起，其命名排列體系則稱之為垂直帶譜(vertical spectral)。

念，以植群特徵來決定熱量帶、以熱量指數來劃定植群帶。

2. 採用的生態氣候指標：Ty、Tcm、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 積溫、WI、CI、BT、Py、MI、PER等多種生態氣候指標均曾被用來劃分植群類型(Fang *et al.* 1996; Bhattarai & Vetaas 2003; 張新時 1989a, b, 1993; 方精云 2001)。季風造就濕潤的東亞，限制植群分布最重要的因素為熱量境況；氣溫對植物之影響主要表現在夏季高溫與冬季低溫所造成的逆境，因此年均溫並不能完全闡明植群之分布(Federici & Pignatti 1991)；積溫較簡單的平均溫度，對植物生長有更直接的關係(Cramer & Leemans 1993)，也較傳統的生長日數法(calendar days)具有更高的精確性(Wang 1960)，其關鍵在影響植物生長的基礎溫度之決定，此常因研究者觀點及研究對象而有不同，如許多作物研究以 0°C 為臨界值，又如 Gansert(2004)以 5.5°C 為臨界值，Körner(1998)認為其約在 $3 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 間，Kira(1977)依其經驗法則，採 5°C 為植物生長之基礎溫度來計算其 WI 及 CI，被廣泛應用於劃分濕潤的東、南亞之植群(Yim & Kira 1975, 1976; Kira 1977, 1991; 倪健 1997; 劉春迎 1999; 方精云 2001)，Federici & Pignatti(1991)則曾應用於義大利及澳洲；臺灣 Su(1984b)研究山地植群亦以 WI 來說明中部山地植群之帶狀分化，其結果被廣為應用於全臺各地之植群相關研究(邱清安 1996; 劉靜榆 2003; 陳益明 2004)，相較於通行世界較廣的 Holdridge(1967)之 BT，Kira 的 WI 更適用於臺灣(邱清安 2005)，方精云、大澤雅彥、吉良龍夫這3位將氣候指數應用於東亞植群著力最深的學者亦表明其適用性(Fang *et al.* 1996)，Hämet-Anti *et al.*(1974)認為 Kira 的方案可能係因原始文獻以日文發表，故在日本以外地區並未廣為周知，但其 WI 在芬蘭亦能適用，在挪威北部則太低，而 CI 在西北歐所指示的為大陸性與海洋性(continentality and oceanity)而非植群帶。另外，倪健(1997)曾修正 Kira 之 WI 為 BWI，改採 10°C 做為植物生長之基礎溫度，本文認為對林木而言可能過高而不適當。綜上所述，本文採用 Kira 的 WI 做為植群之生態氣候指標。
3. 氣候植群帶之術語(nomenclature of climate-vegetation zones)：不同的氣候-植群分類方案產生的氣候、植群類型之名稱與定義常有不同，深受地方習慣及主觀判斷之影響，本文考量本地使用的銜接性，主要延用 Su(1984b)之架構，並參考東亞緯度地帶性及東喜馬拉雅垂直地帶性之相關文獻(如 Numata 1971;

Troll 1971; Kira 1991; Fang *et al.* 1996; 劉儒淵&鍾年鈞 1996; 宋永昌 1999; 方精云 2001), 研擬氣候、植群類型之術語。Hämert-Anti *et al.*(1974)論及東亞之生物氣候植群帶(bioclimatic vegetation zones), 使用其於北歐所擬定之術語 (meridional, temperate, boreal, arctic, 其下可再以 hemi-, southern, middle, northern 再分亞帶)來命名; Walfe(1979)也曾以東亞之 400 多個測站的溫度參數詳細描繪植群類別, 但其氣候帶命名亦很特殊(如 paratropical, subtemperate), 故此二者之術語在此均不予採用。

4. 氣候指標的值域: 劃分植群帶的通常做法是蒐集和調查保存完好的原生植群或其衍生植群類型, 確定其分布地的氣候因子, 在此基礎上建立植群分布與氣候因子的關係, 利用此關係, 根據氣候指標來判斷植群類型(方精云 2001), 其關鍵在氣候-植群關係之建構及二者之對應連結判斷技術(Franklin 1995)。目前本文暫先延用 Su(1984b)之架構, 並參考東亞緯度地帶性及東喜馬拉雅垂直地帶性之相關文獻, 來定義氣候指標之值域。而以氣候判斷植群類型之技術, 僅採用最簡單的一對一關係, 由於氣候帶與植群帶非絕對性地一對一對應(Su 1984b; 方精云 2001), 為求二者之相互配合, 各帶將有細分亞帶之可能。

大尺度的氣候特性主要決定於太陽輻射與大氣環流(McIlveen 1992), 而山體阻隔及海陸分布更加分化熱量境況與季節性降水型式(Archibold 1995), Whittaker(1975)及 Walter(2002)都曾以圖解來說明世界植群類型於緯度、經度上的水平分布規律, Odum(1983)亦曾繪製世界 6 大生物群系(biomes)於 Ty 與 Py 上; 緯向地帶性所代表熱量變化十分顯著, 常被用來代表全球之氣候帶(Essenwanger 2001), 經向地帶性的變異僅在受海陸分布、環流影響較大的中緯度才較為顯著, 且山體和地形起伏常削弱或畸變水平地帶性的規律; 山地環境最顯著的特徵為隨海拔上升, 更替著不同氣候與植群帶, 海拔差異對降水雖有影響, 但首要為其所引起之溫度變化(吳征鎰 1980)。表徵山地之垂直地帶性通常引介緯向熱量氣候帶, 雖然山地垂直性氣候與全球性水平帶狀氣候之典型有所不同(Lydolph 1985), 二者最大的差別在溫度的年變幅和日變幅、日照時間、太陽輻射強度(吳征鎰 1980), 但為緯度帶而發展的氣候帶命名法仍為目前唯一之選擇, 唯無可避免地仍有 Wilhelm(2002)所提及之自然多樣性與人類語言學間的藩

籬。氣候帶於古希臘時代即依天文界線，極簡化粗略地劃分為熱帶、溫帶、寒帶 (torrid, temperate, frigid) 3 帶(黃秉維 1992)，其後隨科學之發展，各帶內再予細分，各氣候分類系統對氣候帶之命名與依據常有不同(Essenwanger 2001; 沈中桴 1996; 王鵬飛 1998)，表 9 為東亞熱量氣候帶之劃分及歷來臺灣植群帶之劃分，各學者對氣候植群帶之劃分及命名常有差異，溫度條件在山地垂直帶分異中佔主導地位(彭補拙&陳浮 1999)，緣於本研究著重於探究植群與氣候之對應關係，故對氣候帶之劃分亦須回歸到植群生態之本質，而不能僅僅依據靜態氣候學(static climatology)的觀點(Numata 1984)。

氣候帶與植群帶均為位階可高可低之含糊性術語(如溫帶可再予細分 2~4 亞帶，而森林亦能僅分為針葉林和闊葉林 2 種，或再細分為常綠針葉林、落葉針葉林、常綠針葉落葉闊葉混交林、常綠落葉闊葉混交林等)，重要的是兩者間的對應性；本文以熱量氣候帶為命名群系亞綱之依據，考量臺灣現有使用習慣及與國際接軌，Su(1984b)仍為現行方案中之最佳參考選擇，具較完整和適用本地之架構，表 10 為本文所研擬之氣候帶，茲說明如下：

4.3.2.1 亞寒帶(subarctic)

由於本地高山寒原之形相為靠近常綠針葉林之矮盤灌叢形相，與前述之低極地寒原的植群形相近，但不同於以草本、苔蘚植物為優勢之緯度更高的寒帶寒原，因此採用亞寒帶之術語。

4.3.2.2 冷溫帶¹¹(coldtemperate)

臺灣高山寒原下方由臺灣冷杉組成冷杉林帶為本地普遍之共識，其單喬木層、灌木層缺少或不發達、在針葉混交林之上方、由單一樹種組成純林等特徵，與泰加林¹²(taiga)或北方¹³針葉林(boreal coniferous forest)十分符合；Kira(1991)認為中國生態學者將北方針葉林帶對應到涼溫帶，可能係受到歐洲蘇聯系統的影響

¹¹ 冷溫帶(Cold-temperate)：中國大陸譯為寒溫帶，因其本質仍屬廣義的溫帶，故譯為冷溫帶。

¹² 有些學者似乎傾向將“泰加林”這一術語保留給高緯度的北方針葉林，此或與taiga這一名稱源自於舊蘇聯一帶有關，此又為自然多樣性與人類語言學間的藩籬(Wilhelm 2002)。

¹³ 北方(boreal)係為地理形容詞而非氣候形容詞(Numata 1984)，為便於與其他植群帶前冠予的氣候帶術語相一致應不予採用(方精云 2001)，且本地冷杉林帶係屬海拔垂直帶譜，故不採用宋永昌(1999)、Kira(1977, 1991)之“北方(boreal)”術語冠稱。

響；本地沈中桴(1997)也曾將亞高寒矮盤灌叢、冷杉林、鐵杉林分別冠以涼溫帶冷段、涼段、熱段，但本文較認同Su(1984b)、Walter(2002)、方精云(2001)等人將冷杉林帶命名為冷溫帶。

Numata(1971, 1984)、Kira(1991)、Fang *et al.*(1996)將冷杉及雲杉合稱之為亞寒帶、亞高山植群，其氣候帶譜均為亞寒帶下接涼溫帶，但若將泰加林視為亞寒帶之典型森林、落葉闊葉林視為涼溫帶之典型森林，則二者之間在臺灣另存有明顯的 Su(1984b)所提之鐵杉雲杉林帶，此帶上部常見下降的冷杉，下部則混入許多闊葉樹，已不屬泰加林形相，曾被稱之為南部泰加林(southern taiga)、冷溫帶(Lavrenko & Sochava 1950; Ito 1980)，劉增力等(2002)亦將冷杉及雲杉均視為寒溫性針葉樹，故本文將相當於 Su(1984b)鐵杉雲杉林帶命名為冷溫帶下段(lower-coldtemperate)，與 Su 氏所命名之涼溫帶不同；而相當於 Su(1984b)之冷杉林帶則命名為冷溫帶上段(upper-coldtemperate)。

另外一提，Wolfe(1979, p.17)曾述及「臺灣似乎不存在泰加林，在上至 3000m 林線之前，至少有 6 種針葉樹組成混交林」，係誤解臺灣之林線位置及亞高山針葉林為具有多樹種組成之混交林。

4.3.2.3 涼溫帶(cooltemperate)

此帶約相當於 Su(1984b)之溫帶、櫟林帶上層；由於廣義的溫帶包含冷溫帶、涼溫帶、暖溫帶等，因此 Su(1984b)表徵櫟林帶之溫度帶為狹義之溫帶，另宋永昌(1999)、方精云(2001)曾提及中國東部之溫帶落葉闊葉林帶、溫帶針闊葉混交林帶等，均屬狹義的溫帶，為避免與廣義的溫帶相混淆，本文建議使用涼溫帶來取代溫帶，來代表本地植群形相最複雜的常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林，亦相當於雲霧帶之範圍。

4.3.2.4 暖溫帶(warmtemperate)

Su(1984b)用暖溫帶來表徵櫟林帶下層，本文沿用其氣候帶命名，其形相為主要為常綠闊葉林，因與下方之亞熱帶常綠闊葉林之熱量及優勢樹種組成已有差異，故有別於亞熱帶，另外，本帶亦具有少量針葉樹及落葉闊葉樹，宋永昌(1999)、方精云(2001)研究中國東部之植群帶，曾劃分出暖溫帶常綠落葉闊葉混

交林帶、暖溫帶落葉闊葉疏林帶、暖溫帶落葉常綠闊葉混交林帶，但臺灣之暖溫帶的針葉樹及落葉闊葉樹均較上方之涼溫帶種類少且優勢度低。

4.3.2.5 亞熱帶(subtropical)

此帶包含 Su(1984b)之亞熱帶、熱帶。中國對熱帶之界線一直爭論不斷(任美鏗&曾昭璇 1991;黃秉維 1992;丘寶劍 1993)，由中國東部濕潤森林帶之劃分，可見到自吳征鎰(1980)、宋永昌(1999)、方精云(2001)對亞熱帶-熱帶之境界線持續向南方移動，Fang *et al.*(2002)比較曾劃分中國熱帶與亞熱帶之 20 篇文獻，就臺灣而論，計有 5 種熱帶劃分方案：(1)26°N 福州以南，包含全臺灣島；(2)臺灣北緣以南，包含全臺灣島；(3)岡山至成功一線以南；(4)僅恒春半島最南端；(5)東沙以南，未含臺灣島；渠等建議採第 4 種方案—僅恒春半島最南端屬熱帶，許多學者(Hämet-Anti *et al.* 1974; Wang 1962; Su 1984b; 柳楮 1968; 劉業經等 1994; 沈中桴 1996)對恒春半島南端亦多持熱帶看法，此或因本區植物區系與臺灣島本部差異甚大，而與舊熱帶之馬來西亞成分關係密切，但本區為南北植物交匯之過渡帶性質更為共識；然就生態環境及植物組成之面向而言，本區之板根、幹生花之熱帶特徵並不明顯，也欠缺東南亞熱帶雨林優勢的龍腦香科(Dipterocarpaceae)，及典型的肉豆蔻科(Myristicaceae)、橄欖科(Burseraceae)、番荔枝科(Myrtaceae)、牛栓藤科(Connaraceae)、四角果科(Carlemanniaceae)、海桑科(Sonneratiaceae)、豬籠草科(Nepenthaceae)等科；如依氣候之觀點而論，Kira(1977, 1991)、Fang *et al.*(2002)、方精云(2001)所建議之熱帶、亞熱帶界線為 $WI = 240^{\circ}\text{C}$ ，由本研究之氣候空間估算及宋永昌等(2003, 表 1)之結果顯示，此線正位於臺灣南緣而未含臺灣本島，因此回歸到氣候指標的真實數據本質，恒春半島南端確於接近熱帶之邊緣，但未進入熱帶之範圍，因此臺灣全島之氣候基帶應全屬亞熱帶；Kira(1991)建議將“亞熱帶”保留給西太平洋熱量植群帶系列(the Western Pacific sequence of thermal vegetation zones)的中國南方到越南北半部及沖繩臺灣島鏈，藉以和東南亞真正的熱帶相區隔，此與孫世洲(1998)將全臺灣島劃入亞熱帶、蘭嶼劃入熱帶之見解相同，且或可與應俊生&徐國士(2002)認為臺灣植物區系主體具有明顯的亞熱帶性質之論點相呼應；本文所持之此種劃分方式僅為境界線的移動，仍不否定恒春半島南端由亞熱帶向熱帶過渡的本質。各氣候帶間的界線，其本質為一過渡帶且有年際變化，在與溫度有關的區劃中，亞熱帶至少有 4

種不同的地位(黃秉維 1992)：(1)溫帶與熱帶接壤，不存在一個亞熱帶，如 Whittaker(1975)；(2)亞熱帶成為熱帶的一部分；(3)亞熱帶成為溫帶的一部分，如 Köppen(1948)；(4)亞熱帶在熱帶、溫帶之間獨成一帶，如 Holdridge(1967)；本文則依 Longman & Jenik (1974)之見解，將亞熱帶視為熱帶之一部分，但不認同 Fang *et al.*(1996)視亞熱帶為暖溫帶之同義詞，因此與 Su(1984b)相同地將亞熱帶與暖溫帶分開並列。另外，彭補拙&陳浮(1999)曾以準熱帶來描述熱帶北緣，本文不予採用；沈中杼(1997)以亞迴歸帶來譯稱“subtropical”，因與現今使用習慣不同，且未能與寒帶、溫帶之系列名制配合，故亦不採用。綜上所述，本文所認定之亞熱帶，已包含 Su(1984b)之亞熱帶及熱帶，其形相主要為常綠闊葉林，因已包含臺灣廣大區域，其內植群之地理分布與種類組成已有相當的差異，故宜以熱量境況再細分為涼段、熱段，與此做法相似地，中國之亞熱帶常再區分為北、中、南亞熱帶，甚至於中亞熱帶內再細分為北部、南部亞地帶(吳征鎰 1980)。

有關輔助性描述山嶽地景位置，沈中杼(1996)曾列舉出 plain、foothill/fill、plain/mountain、lowland/montane、low-elevational/mid-elevational/high-elevational、lowland/highland、lowland/upland、lowland/lowmontane/midmontane/highmontane、premontane/lower montane/upper montane/subalpine/alpine 等混亂的稱呼方式，本文認為其在使用概念上，可能與當地之海拔帶高度或植群帶之完整性產生某一程度之聯想，如“高山(alpine)”並沒有絕對的海拔高度範圍，對擁有不同海拔高度山地背景或對位處不同緯度之人們，常有很強的地域性習慣而具不同之認知，其標準的訂定較熱量氣候帶與植群帶更加困難。因此山地帶之相對地景位置的劃分，屬於直覺式理解之輔助，不須要也難以劃分太精細，美國、中國植群分類系統有時雖用此來冠稱部分的群系、植被型，但都未見明確詳細的劃分，故本文僅採用佐佐木(1922，引自陳玉峰 1996)之見解，將“高山(alpine)”保留給本地林線以上的植群；“亞高山(subalpine)”則保留給冷杉、鐵杉等冷溫帶針葉林(劉慶等 2001)，其下則修改 Su(1984b)之架構為上層山地(upper-montane)、中層山地(middle-montane)、下層山地(lower-montane)、麓山/低地(hill/lowland)。

表 9 東亞熱量氣候帶之劃分及歷來臺灣植群帶之劃分

沈中桴(1996)：溫度氣候帶	沈中桴(1996)：臺灣潛在(準)極相木本植物群落類型	吳征鎰(1980)：中國水平溫度帶	方精云(2001)：也論我國東部植被帶	宋永昌(1999, 2001)：中國東部森林植被帶劃分	宋永昌(2001)：亞熱帶山地植群垂直帶(玉山)	Su(1984)：臺灣中部山地植群之帶狀分化	Kira(1991)東、東南亞森林生態系	劉春迎(1999)：中國植被與氣候關係研究	倪健(1997)：中國國植被與氣候關係研究	Wang(1962)：臺灣之植群帶	柳楮(1968)：臺灣植物群落分類	劉業經等(1994)：臺灣植物區系劃分
亞極區/帶 Subpolar 寒原/苔原帶 Tundra	重濕嶺峰-涼溫帶冷段-亞高寒常綠矮盤灌叢 cold-Cooltemperate	溫帶、亞熱帶 高寒區域	寒溫帶針葉林帶 Cold-temperate WI<50; Im>0	北方針葉林帶 Boreal	亞高山灌叢草甸 AL 3600~3986	亞寒帶 Subarctic 高山植群帶 AL >3600 TA <5; WI <12	寒帶 Arctic WI 0~15	高寒植群地帶 High-cold zone BWI 10~0	山頂裸岩帶 AL>3900 刺柏灌叢帶 AL<3900	高山寒原群系 AL 3500~3600	高山寒原群系 森林線~雪線	
冷溫帶 Coldtemperate 亞北極帶 Subarctic 北方 Boreal region 暗針葉林 Taiga region	重濕山地-涼溫帶涼段-冷杉林 cool-Cooltemperate 重濕山地-涼溫帶熱段-鐵杉林 hot-Cooltemperate	寒溫帶 TA-2.2~5.5	溫帶針闊葉混交林帶 Temperate 50<WI<90; Im>0	涼溫帶針闊葉混交林帶 Cool-temperate 南界 TA=-2; BT=6.5; WI=50; CI=-125; P<400	山地寒溫性針葉林帶 AL 2800~3600	冷溫帶 Coldtemperate 冷杉林帶 AL 3100~3600 TA 5~8; WI 12~36	亞寒帶 Subarctic WI 15~45 (1945 年版為 15~55)	北方針葉林 Boreal WI30~50 山地寒溫帶針葉林 Subalpine WI30~55	寒溫帶針葉林地帶 Cold-temperate (boreal) BWI 15~25	寒帶 frigid upper slopes 針葉林帶 北 AL<2900; 中 AL<3500; 南 AL<3300	亞高山針葉樹林群系 AL 3000~3500	亞高山針葉樹林群系 AL 3000~森林線
涼溫帶 Cooltemperate	重濕山地-暖溫帶-常綠-針闊葉混交林 Warmtemperate	溫帶 TA2~8	暖溫帶落葉闊葉疏林帶 Warm-temperate 90<WI<120; CI<-10; -10<Im<0	溫帶落葉闊葉林帶 Temperate 南界 TA=7; BT=10; WI=80; CI=-50; P=600	常綠落葉闊葉混交林帶 AL 1500~2800	涼溫帶 Cooltemperate 鐵杉雲杉林帶 AL 2500~3100 TA 8~11; WI 36~72	涼溫帶 Cool-temperate WI 45~85 (1945 年版為 55~100)	溫帶針闊葉混交林 Temperate WI50~80	冷溫帶針闊葉混交林地帶 Cood-temperate BWI 25~50	溫帶 temperate lower slopes 針葉林帶 北 AL<2900; 中 AL<3000; 南 AL<3300	冷溫帶山地針葉樹林 AL 2500~3000	冷溫帶山地針葉樹林群系 AL 3000~暖溫帶上界
暖溫帶 Warmtemperate	重濕山地-暖溫帶-準常綠-櫟林 Warmtemperate 重濕山地-暖溫帶-水青岡林 Warmtemperate 重濕山地-亞迴歸帶冷段-準常綠-樟櫟林 cold-Subtropical	暖溫帶 TA9~14	暖溫帶落葉常綠闊葉混交林帶 Warm-temperate 120<WI<135; CI>-10; 0<Im<60	暖溫帶常綠落葉闊葉混交林帶 Warm-temperate 南界 TA=14; BT=14; WI=120; CI=-10; P=800	溫帶 Temperate 櫟林帶上層 AL 2000~2500 TA 11~14; WI 72~108 暖溫帶 Warm-temperate 櫟林帶下層 AL 1500~2000 TA 14~17; WI 108~144	暖溫帶 Warm-temperate WI 85~180 (1945 年版為 100~180)	暖溫帶落葉闊葉林 Warm-temperate WI80~120	暖溫帶落葉闊葉林地帶 Warm-temperate BWI 50~80	亞熱帶 subtropical upper slopes 闊葉林帶 北 AL<1500; 中 AL<2000; 南 AL<2300	暖溫帶山地針葉樹林群系 AL 1400~2500	暖溫帶山地針葉樹林群系 北 AL 2000 中&南 AL2500~暖溫帶雨林上界	
亞迴歸帶 Subtropical	潮濕山地-亞迴歸帶熱段-準常綠-樟櫟林 hot-Subtropical 重濕山地-亞迴歸帶熱段-準常綠闊葉林 hot-Subtropical 季節性潮濕山地-亞赤道帶冷段-準常綠-樟櫟林 cold-Subequatorial	北亞熱帶 TA14~16 中亞熱帶 TA16~21 南亞熱帶 TA20~22	亞熱帶常綠闊葉林帶 Subtropical 135<WI<240; Im>60 (以 WI=175 為南北亞帶分界線)	亞熱帶常綠闊葉林帶 Subtropical 南界 BT=16; WI=135; CI=-2; P=950 北亞帶 BT=18; WI=150 中亞帶 BT 20; WI=180 南亞帶 BT=22; WI=210	亞熱帶山地常綠闊葉林帶 AL 500~1500	亞熱帶 Subtropical 楠櫟林帶 AL 500~1500 TA 17~23; WI 144~216	亞熱帶 Subtropical WI 180~240	亞熱帶北部常綠落葉闊葉混交林 Northern subtropical WI120~170 亞熱帶南部常綠闊葉林 Southern subtropical WI170~200	亞熱帶常綠闊葉林地帶 Subtropical BWI 80~150	暖溫帶雨林群系 AL 900~2100	亞熱帶與暖溫帶雨林群系 北 AL500~1800 中南 AL700~2100	
亞赤道帶 Subequatoria	重濕低地-亞赤道帶冷段-準常綠闊葉林 cold-Subequatorial 季節性潮濕低地-亞赤道帶-半常綠闊葉林 Subequatorial 潮濕低地-亞赤道帶-準常綠闊葉林 Subequatorial	熱帶	熱帶雨林季雨林帶 Tropical WI>240; TA=25	熱帶季雨林、雨林帶 Tropical TA >22; P >1500 (以北緯 19° 切為北亞帶、南亞帶)	南亞熱帶過渡性季風常綠闊葉林帶 AL <500	熱帶 Tropical 榕櫟林帶 AL <500 TA >23; WI >216	熱帶 Tropical WI >240	熱帶雨林、季雨林 Tropical WI200~240	熱帶雨林季雨林地帶 Tropical BWI 150~200	熱帶 tropical lower slopes 闊葉林帶 北 AL <90; 中 AL <760; 南 AL <1000	熱帶雨林群系 AL <900 熱帶疏林群系	熱帶雨林群系 AL <700 熱帶季風雨林群系 熱帶疏林群系

註 1：TA 表年平均氣溫(°C)；BT 表年平均生物溫度(°C)；WI 表溫量指數(°C)；CI 表冷量指數(°C)；P 表年降水量(mm)；AL 表海拔高度(m)；BWI 表生物溫量指數(°C)。註 2：本表各方案之氣候帶無一致性的對應關係，其定義與劃分依據常有差異。註 3：部分文獻之原始目的係為植物區系之劃分，因論及氣候帶或植群帶故亦列入參考。註 4：北極區、海岸林等未列入本表。

表 10 本研究潛在植群分類方案與 Su(1984b)氣候帶的比較。

潛在植群分類方案(本研究)					中部山地植群帶(Su 1984b)						
群系網	群系亞綱(氣候帶、山嶽地景位置)		群系組(優勢植群之葉片的物候與形態)	群系(水分境況、優勢分類群)	植群帶	氣候帶	WI	年均溫	海拔	高度帶	
I. 寒原	A. 亞寒帶	高山	1.常葉針葉-常綠闊葉混交矮盤灌叢	c.潤濕 玉山圓柏 玉山杜鵑	高山植群帶	亞寒帶	< 12	< 5	> 3600	高山帶	
		上段	2.常綠針葉純林	a.超濕 臺灣冷杉	冷杉林帶	冷溫帶	12 ~ 36	5 ~ 8	3100 ~ 3600	亞高山帶	
	B. 冷溫帶	亞高山	3.常綠針葉混交林(少量闊葉樹)	b.重濕 臺灣鐵杉 臺灣雲杉	鐵杉雲杉林帶	涼溫帶	36 ~ 72	8 ~ 11	2500 ~ 3100	山地上層帶	
		下段	4.常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林	a.超濕 檜屬、臺灣杉、香杉、森氏櫟、昆欄樹、卡氏槲、新木薑子屬、槭屬	櫟林帶(上層)	溫帶	72 ~ 108	11 ~ 14	2000 ~ 2500	山地帶	
	II. 森林	C.涼溫帶	上層山地	5.常綠闊葉混交林(少量針葉樹)	a.超濕 b.重濕 c.潤濕 錐果櫟、赤皮、木荷、新木薑子屬、臺灣肖楠、臺灣黃杉	櫟林帶(下層)	暖溫帶	108 ~ 144	14 ~ 17	1500 ~ 2000	山地帶
		D.暖溫帶	中層山地	6.常綠闊葉混交林	a.超濕 b.重濕 c.潤濕 d.略濕 楠木屬、雅楠、瓊楠、槲屬、大頭茶、黃杞、柯屬	楠槲林帶	亞熱帶	144 ~ 216	17 ~ 23	500 ~ 1500	山地下層帶
			涼段	下層山地	7.半落葉闊葉混交林	a.超濕 b.重濕 c.潤濕 d.略濕 e.冬乾 大葉楠、茄苳、咬人狗、榕屬	榕楠林帶	熱帶	> 216	> 23	< 500
E. 亞熱帶	熱段	麓山/低地									

4.3.3 群系組(優勢植群之葉片的物候及形態)

美國植群分類系統(表 5)依據主要優勢種之葉片物候，區分為常綠、落葉、常綠落葉混交等 3 種群系亞綱，另外以葉的特徵(leaf characters, 如 broad-leaf, needle-leaf, microphyllous, xeromorphic)為劃分群系組之依據，其單元的識別、命名與大氣候型相連接，但生態氣候名稱通常本身並不定義群系組；中國植群分類系統(表 2)依據主要優勢種之葉片形態的位階，與美國系統相反(如表 6)，此 2 系統之依據本文已於前述的群系亞綱中以熱量氣候帶來取代，在此將以優勢植群之葉片物候與形態聯合定義群系組，置於熱量氣候帶定義的群系亞綱之下。

優勢植群之葉片物候與形態在同一氣候帶內常有分化之現象，此為植物對環境之長期演化分異；在物候方面，植物主要可分為常綠與落葉，在葉片形態方面，則可分為針葉與闊葉；就臺灣之植物而言，針葉樹僅有常綠種類，無落葉松(*Larix*)等落葉針葉樹，而闊葉樹則包含常綠及落葉種類(暫不論及硬葉)，因此本地植群僅有常綠針葉、常綠闊葉、落葉闊葉之 3 種可能組合，有關熱量溫度帶內的優勢植群之葉片物候與形態，本文研擬如表 10，以下說明之：

4.3.3.1 常葉針葉-常綠闊葉混交矮盤灌叢

臺灣海拔最高、溫量指數最低的亞寒帶，主要以玉山圓柏及玉山杜鵑為優勢，而呈常綠闊葉針葉混交之矮盤灌叢；在接近嶺峰處，多為裸岩碎石，其間有植群覆蓋度較低之開放式草本群落。

4.3.3.2 常綠針葉純林

海拔約 3,100 ~ 3,600 m 之冷溫帶上段，常綠針葉之臺灣冷杉常形成純林，在海拔較低、與冷溫帶暖段相過渡之處，有臺灣鐵杉及耐寒的巒大花楸等闊葉小喬木混生，但整體仍以臺灣冷杉形成單一優勢冠層。

4.3.3.3 常綠針葉混交林(少量闊葉樹)

海拔約 2,500 ~ 3,100 m 之冷溫帶下段，主要由臺灣鐵杉、臺灣雲杉構成第 1 層喬木

(上部有少量自上方下降的臺灣冷杉、下部偶有來自下方的檜木類)，其林下已混入較多種、較多量的闊葉樹，但整體森林之形相外貌仍為常綠針葉林。臺灣鐵杉偏好向陽坡面或稜脊，對土壤選擇不嚴苛，而臺灣雲杉多位於較濕的陰坡、土壤肥沃深厚處(柳楮 1968, 1971；劉靜榆 1991)，似乎看不出兩者分布上的溫度差異，但鐵杉多能在較小的空隙中或在母樹遮蔽下完成更新，臺灣雲杉之幼苗無法在鬱閉林分下更新(曾彥學 1991)，故在野外觀察所見，仍以臺灣鐵杉之純林較為常見，雲杉純林僅在陳有蘭溪及大甲溪上游等地有較大面積分布；在日本(Kira 1991)、中國北方(吳征鎰 1980；宋永昌 1999)則雲杉之重要性較為顯著，且常與冷杉共同形成暗針葉林(dark conifer forest)。

4.3.3.4 常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林

本區植群具有常綠針葉、常綠闊葉、落葉闊葉之 3 種可能組合，海拔約 1,800 ~ 2,500 m 之涼溫帶，約等同 Su(1984b)之櫟林帶上層，計可分 3 層，第 1 層由紅檜、扁柏、臺灣杉、香杉等針葉樹形成明顯但零散式的(scattered)挺出冠層，但未完全佔據整個林分，第 2 層由少量的紅豆杉、臺灣粗榧，及常綠闊葉形體高大之森氏櫟、卡氏槲，及形體較小的狹葉高山櫟、白花八角、昆欄樹、霧社木薑子、漸尖葉新木薑子等為優勢，間雜有槭樹類、阿里山榆、川上氏鵝耳櫪、臺灣蘋果等多種落葉闊葉樹，林內地被以臺灣瘤足蕨、玉山箭竹為特徵。本林帶相當於雲霧帶之範圍(Su 1984b)。

4.3.3.5 常綠闊葉林(少量針葉樹)

海拔約 1,200 ~ 1,800 m 之暖溫帶，約為 Su(1984b)之櫟林帶下層的下半部及楠櫟林帶之上半部，主要形相為常綠闊葉林，偶有黃杉、肖楠等針葉樹，其形體高大者亦形成前述之挺出冠層，常綠闊葉樹種類極多，以錐果櫟、赤皮等為特徵，地被種類豐富，以鱗毛蕨、複葉耳蕨、卷柏、稀子蕨等屬植物為代表。

4.3.3.6 常綠闊葉林

海拔約 1,200 m 以下之亞熱帶，綜合 Su(1984a)、宋永昌(1999)、方精云(2001)等之意見，亞熱帶無明顯乾季之區域，其物候與葉形殆屬常綠闊葉林。

4.3.3.6 半常綠闊葉林

臺灣西部近海一帶蒸發散量較高，西南部一帶冬季則有明顯乾季，具有乾旱落葉之潛在植群，其形相為半常綠闊葉林。有關常綠林、落葉林，或其混交林之定義，沈中桴(1996)以常綠樹株數相對於林分總株數的比率，界定為(1)嚴格常綠林(strict-evergreen forest)：100%；(2)準常綠林(quasi-evergreen forest)：>90%；(3)半常綠林(semi-evergreen forest)：55-85%；(4)半落葉林(semi-deciduous forest)：20-45%；(5)全落葉林(full-deciduous forest)：<10%；本文所提及之半常綠林近於上述定義，但因尺度及植群類別數量等考量並不採用沈氏之嚴謹定義與劃分。

4.3.3.7 關於落葉闊葉林的討論

Numata(1971 table 3, 1984 table 1)於日本及東尼泊爾之研究均將落葉闊葉樹、松林視為演替序列或次生林，而與極相林帶有所區隔；Su(1984b figure 2)、Troll(1971 figure 2)亦表明環境之水分梯度能影響植群帶之形相與組成，在較乾旱處常有落葉樹種。Kira(1991)認為溫帶至亞熱帶亞洲之夏冬季風帶來豐富的降水，阻止全年乾燥的盛行亞熱帶氣團，復由於西藏喜馬拉雅高地之影響，亞洲大陸東部及東南部缺乏在世界其他地區能藉以區隔溫帶林與潮濕熱帶的亞熱帶乾燥帶(subtropical dry belt)，因此與世界上其他同緯度區域在副熱帶高壓作用下形成的乾旱有所不同，故 Wolfe(1979)將之稱為潮濕至中生亞洲(humid to mesic Asia)、Fang *et al.*(1996)稱之為潮濕亞洲(humid Asia)，此為臺灣所處之基帶的大氣候背景，本文基於潛在植群之分類，關注氣候作用下的準極相植群，未將局部地形、演替階段所形成之落葉林列入。落葉闊葉樹依生理機制可分為冷落葉及乾落葉，臺灣之冷落葉植群，殆位於涼溫帶範圍，以槭樹類較為常見，而形成純林者僅有臺灣山毛櫸，但劉崇瑞&蘇鴻傑(1972)認為臺灣山毛櫸林並非安定的極相森林，本地並不具有溫帶落葉林氣候；落葉林之成因若非缺乏足夠的降水，即是冬季過於寒冷(Kira 1991)，由臺灣之降水量與潛在蒸發散量來看，中海拔以上山地之水分境況均足以支持常綠闊葉林之生育，另就熱量境況而言，冬季溫度為常綠闊葉樹之分布的主要限制因子，Kira(1977)、Fang *et al.*(1996)認為可用 $CI = -10^{\circ}C$ 界定常綠闊葉林分布北限及上限，據此估算，臺灣之闊葉林分布上限可達海拔約 3,400 m，故由水熱綜合條件來看，落葉闊葉樹之生育受到來自上方的針葉樹及來自下方的常綠闊葉樹之競爭，垂直帶譜缺

乏氣候形塑的冷落葉闊葉林，本地生態學者亦常將落葉林視為演替序列群落(Su 1984a)。至於臺灣之乾落葉植群，最可能出現於西部及南部等冬季乾旱低地，在季風型夏雨氣候中，植群形相逐步由常綠季節林轉變為半常綠林、落葉季風林(Su 1985)，而常被稱之為季風林，或被稱之為亞熱帶季節常綠闊葉林(宋永昌等 2003；宋永昌 2004)，整體而論，臺灣乾落葉闊葉林之形相外貌及落葉樹比例，係隨著冬季缺水之程度而異，殆呈常綠-乾闊葉混交之組成與形相，本文統稱為前述之半常綠林。

4.3.4 群系(水分境況、優勢類群)

美國植群分類系統以外加的植群結構因子(如樹冠形狀、優勢層片生活型)、相對地景位置(如低地、山地、亞高山)、水分境況分類等來命名及補充更高層級的植群類型，其中相對地景位置即本文移至群系亞綱之山嶽地景位置；而樹冠形狀 Su(1984b)曾引用 Suzuki(1952)之冠型形態分類(physiognomic classification of canopy types)，謂楠木(*Machilus*)多生育於溝谷等凹地，缺乏直射陽光而呈圓錐形冠，而在雲霧帶下方之槲木(*Castanopsis*)及其上方之鐵杉因可接受到直接太陽輻射而呈傘形樹冠，然樹木之冠形除與太陽輻射有關外，亦受生育地坡度、與週邊林木競爭等有關，冠形之分類亦難有客觀之標準，因此本文認為僅能當成參考，難以納入分類方案中，故未予採用。另外，本文認為優勢分類群能反映環境綜合概況、表徵植群外貌形相、與其下植相分類具聯繫作用等，故亦納入群系分類之依據。

4.3.4.1. 水分境況

美國植群分類系統係修改自 Cowardin *et al.*(1979)在濕地的研究，如季節性洪泛(seasonally flooded)、潮汐(tidal)等用語均不適用於本地；影響本地植群之水分境況的重要因素應為水平降水、地文因子、年降水量及其分配，以下分別討論之：

1. 地文因子(physiographic factors)：溝谷、中坡、稜脊、坡度、坡向等地文因子主要影響太陽輻射、風、土壤、水分境況等，其對土壤之影響目前仍難以量化，而對太陽輻射之影響可用全天光空域(Whole Light Sky space, WLS)加以估算(陳朝圳 1993)；對風之影響，Huang(2002)、黃凱易等(2000)曾以地形遮蔽指數(topographic sheltering index)加以估算；對水分境況之影響，Day & Monk(1974)以坡向及坡面位置簡單地綜

合評估水分梯度(moisture gradient class)；由於地文因子之影響仍偏屬局地氣候(local climate)之差異，故本文目前暫不處理；但 Su(1984b)曾提及楠木型偏好生育在溝谷、櫟木型偏好在分割溝谷的小稜脊上，當研究尺度下降時，或許可改良 Huang(2002)之地形遮蔽指數來加以估算、分析，因為某地之遮蔽度係受海拔、坡面位置、坡度之綜合作用，進而影響太陽輻射、風、土壤、水分境況等環境因子。

2. 水平降水(horizontal precipitation)：除了垂直性的降水外，水平的盛行雲霧之凝結水對植群及環境具有很大的影響，在某些迎風坡的霧滴量甚至可佔年降水量 50% 以上 (Juvik & Ekern 1978; Ingraham & Matthews 1995; Holder 2003)。有恒存之雲及霧 (clouds and mists) 之山地森林，植群可藉由凝結來截獲霧滴，被特稱為山地雲霧林 (mountain cloud forest)，其分布受到緯度、海拔、風、降雨型式、山體大小、距海遠近等影響，通常出現於海拔較高之山地和海拔較低的近海處及島嶼 (Bubb *et al.* 2004)，臺灣之雲霧林主要位於北部近海的大屯火山群-基隆火山群之海拔 600 m 以上 (沈中桴 1997)，及中央山地 1,500 ~ 2,300 m 左右 (Su 1984b)，由於雲霧之成因甚為複雜，本文所使用的氣候圖層尚無法進一步模擬其潛在分布，故雲霧雖為一重要生態因子 (Ingraham & Matthews 1995)，卻僅能暫不處理；但 Bubb *et al.* (2004) 之研究提供了本地未來研究山地雲霧帶可能的方向：(1) 藉由遙測影像判定恒存雲霧區域；(2) 參考植群類型；(3) 參考被限定於雲霧林中的指標物種；臺灣在這些研究方向上，目前遙測影像判識尚待實作測試，本地櫟林帶可代表具有豐富著生植物、苔蘚之雲霧林，檜木林型則代表著濃密的盛行雲霧帶 (Su 1984b)，而紅檜、昆欄樹、臺灣瘤足蕨則為眾所認同的雲霧林指標植物。
3. 年降水量及其分配：Su(1984a, b) 認為氣溫可用來劃分臺灣之氣候與植群帶，而年降水量及季節性分配則可說明在不同溫度帶中氣候及植群型之分化，故可用來劃分氣候區及地方性植群型，此當植群型被細分為形相單元時特別顯著。本文前述已說明，單以臺灣之年降水量來考量，其對林木生長尚不至形成限制，然由降水之季節分配來看，位處冬季東北季風雨蔭帶的西南部及西部沿海一帶卻較為乾燥 (圖 3.11；圖 4.2c；Su 1985；劉業經等 1994)，因此有必要對本島環境的乾濕度進行檢視。藉由回顧工作，可知 Kira(1945) 的乾濕度指數(K) 及徐文鐸(1983) 於 Kira 指標基礎上提出的濕度指數(HI)、Thorntwaite(1948) 的水分指數(MI)、Holdridge(1967) 的年平均潛在

蒸發散量比例(PER)、Walter(2002)的生態氣候圖、Box(1981)年溼度指數(AMI)，及 Su(1985)用來劃分地理氣候區的冬雨率(Pr)均為用來表明乾濕度狀態之指數；Su(1985)曾謂臺灣之冬乾情況隨著海拔梯度而逐漸減弱，至櫟林帶上層(2,000 m)以上冬乾現象完全消失，其概屬夏雨型氣候，各地主要林型差異亦小，中央山地涼溫帶以上因溫度較低，潛在蒸發散量亦少，概屬 Holdridge(1967)所定義之超濕(superhumid)及小部分半飽和(semisaturated)，因此全年無缺水，其中亞寒帶因白天輻射強，其水分境況屬潤濕，而冷溫帶上部及涼溫帶由地被豐富的苔蘚植物，可定義為超濕，冷溫帶下部已非屬雲霧帶，但仍屬重濕氣候；本文暖溫帶對應 Su(1984b)的楠櫟林帶，在各地之分化最清楚(Su 1985)，地理氣候區的境界線亦根據此帶之特性而劃分(蘇鴻傑 1992)，本文依年平均潛在蒸發散量比例(PER)來看，可分為超濕、重濕、潤濕 3 種水分境況；而亞熱帶依年平均潛在蒸發散量比例(PER)來看，可劃分為超濕、重濕、潤濕、半乾燥等 4 種水分境況，再由冬雨率來看，其值介於 0.1 ~ 0.4 間，故可再加上冬乾這一水分境況。

4.3.4.2 優勢分類群

優勢種代表著對能量流動及環境資源的控制能力，其受到該生育地之區域性氣候(regional climate)或大氣候(macroclimate)之控制，而本身則控制生育地內之微氣候(microclimate)、土壤性質或其他伴生植物(劉崇瑞&蘇鴻傑 1983)，本文認為水熱境況、地形因子等許多環境因子是抽象的，環境為多重因子交互作用所形成，由於植物對環境長期適應而發展出的密切關聯，故對具有豐富野外經驗的研究者而言，優勢分類群(predominant taxa)毋寧可說是複雜環境之濃縮指標。有關各群系之優勢分類群逕列舉於表 10，其亦可用來與低階植相分類達成某一程度的聯繫。

第五章 潛在植群圖之試繪

繪製潛在植群圖須包括植群類型、與其相應的環境變數，及二者對應關係的聯繫等三個基本要件(如表 11)：(1)以上述潛在植群分類方案之植群類型為製圖之標記(symbol)；(2)氣候指標以溫量修正指數(modified warmth index, MWI)來代表本地熱量境況、以冬乾指數(winter drought index, WDI)來代表本地之水分境況(如下)；(3)模擬潛在植群分布的方法，僅利用最簡單的布林分離法，亦即根據氣候環境解釋變數，指定空間位置網格為唯一的植群類別。

$$TRy = T_{\max} - T_{\min} \quad TRy \text{ 表年溫差； } T_{\max}、T_{\min} \text{ 表最高、最低月均溫}$$

$$MWI = WI + (7.1597 - TRy) \quad WI \text{ 表溫量指數； } 7.1597 \text{ 為玉山之 } TRy$$

$$WDI = \frac{WI_w}{P_w} \quad WI_w、P_w \text{ 表冬半年(11~12 月及 1~3 月)的溫量指數、雨量}$$

表 11 研究環境-植群聯繫關係之模型。

	植群-環境模型 (Box 1980)	潛在自然森林 植群模擬圖 (Brzeziecki <i>et al.</i> 1993)	自然植群 繪製系統 (Cha 1995)	預測植群製圖 (Franklin 1995)
自變數 (環境)	環境亞模型	生育地環境	氣候網格 資料	環境變數
依變數 (植群)	植群亞模型	林型	植群型分類	植群變數
生態關聯 (製圖)	生態模型	植群-生育地 模型	繪製潛在 自然植群	模擬方法

本文依表 11 研究環境-植群聯繫關係模型，以修正溫量指數及冬乾指數為環境變數，對所擬定之潛在植群類型進行空間分布的繪製，製圖單元及其氣候指數依據的值域如表 12 所示，計有 2 類群系綱、5 類群系亞綱、8 類群系組、16 類群系，有關各植群類型之空間分布如圖 3~6，所佔面積如表 13。

表 12 群系綱、群系亞綱、群系組、群系之類別與製圖依據。

群系綱		群系亞綱			群系組		群系		
優勢生長型	氣候帶	山嶽地景位置	溫修正指數	臺灣中部約略海拔	優勢植群之葉片的物候與形態	水分境況	冬乾指數(WDI)	優勢分類群	
I. 寒原	灌叢寒帶	A. 亞寒帶	高山	0 ~ 15	> 3600	1.常葉針葉-常綠闊葉混交矮盤灌叢 NEMK	c.潤濕	玉山圓柏、玉山杜鵑	
		B. 冷溫帶	上段 亞高山	15 ~ 40	3100~3600	2.常綠針葉純林 NP	a.超濕	臺灣冷杉	
II. 森林	針葉樹、落葉闊葉樹、常綠闊葉樹	溫帶	下段	40 ~ 70	2500~3100	3.常綠針葉混交林(少量闊葉樹) ND'E'M	b.重濕	臺灣鐵杉、臺灣雲杉	
			C. 涼溫帶	上層山地	70 ~ 115	1800~2500	4.常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林 NEDM	a.超濕	檜屬、臺灣杉、香杉、森氏櫟、昆欄樹、卡氏櫟、新木薑子屬、槭屬
		亞熱帶	D. 暖溫帶	中層山地	115 ~ 150	1200~1800	5.常綠闊葉混交林(少量針葉樹) EN'M	a.超濕 b.重濕 c.潤濕	0.00~0.10 0.10~0.15 0.15~0.35 錐果櫟、赤皮、木荷、木薑子屬、新木薑子屬、臺灣肖楠、臺灣黃杉
			E. 亞熱帶	涼下層山地	150 ~ 195	500~1200	6.常綠闊葉混交林 EM	a.超濕 b.重濕 c.潤濕 d.略濕	0.00~0.10 0.10~0.15 0.15~0.35 0.35~0.55 楠木屬、雅楠、瓊楠、櫟屬、大頭茶、黃杞、薯豆、柯屬
		熱帶	麓山/低地	195 ~ 240	< 500	6.常綠闊葉混交林 EM 7.半落葉闊葉混交林 SM	a.超濕 b.重濕 c.潤濕 d.略濕 e.冬乾	0.00~0.10 0.10~0.15 0.15~0.35 0.35~0.55 0.55~1.17 大葉楠、茄苳、咬人狗、榕屬	

註：海拔高度、相對地景位置是間接用來表達植群帶的名稱，有別於可真正控制植群分布但難以實際描述體驗的熱量指標與水分指標。

5.1 群系網之製圖

群系網僅分為寒原及森林 2 種，其中寒原群系網僅分布於 MWI 介於 7 ~ 15 (海拔約 3600m 以上)的高山(如圖 3)，包括雪山、南湖大山、玉、秀姑巒山等。臺灣其餘區域均屬森林群系網。

5.2 群系亞網之製圖

群系亞網係以熱量氣候帶為劃分依據(如表 12)，寒原群系網中僅有亞寒帶群系亞網(MWI=0~15)，森林群系網則可分為冷溫帶(MWI=15~70，以 MWI=40 可再分為上段、下段)、涼溫帶(MWI=70~115)、暖溫帶(MWI=115~150)、亞熱帶(MWI=150~240，以 MWI=195 可再分為涼段、熱段)等 4 類熱量帶群系亞網(如圖 4)，其於臺灣中部之海拔分布範圍約分別為 2500 ~ 3600m、1800 ~ 2500m、1200 ~ 1800m、1200m 以下；由於表徵群系亞網之熱量指數屬於不易直接感受之環境變數，人類思維上不易對應出其分布，故除前述列出各氣候帶之約略海拔範圍外，亦於表 12 中以山嶽地景位置做為輔助，但海拔及地景位置都僅可做為直覺式的輔助認知，但僅為參考，並非真正用來劃分群系亞網之依據，而不可作為劃分植群之標準。

5.3 群系組之製圖

劃分群系組之依據係優勢植群之葉片的物候與形態，Küchler(1988e)於其植物群落記錄表(phytocenological record)及製圖時曾使用一種字母標記組合(combination of letter symbol)方式來描述木本植物生長型之類別，本研究為簡化圖示以清楚標誌，將仿照此一字母組合標記法進行群系組之製圖，所擬定字母代表為：E常綠闊葉(broadleaf evergreen)、D落葉闊葉(broadleaf deciduous)、S半落葉(semideciduous, 即E+D)、N常綠針葉(needleleaf evergreen)、M混交林(mixed)、P純林(pure)、K矮盤灌叢(krummholz¹⁴)，另於E、D、N中可加上標符號'(superscript)以註明少量或非優勢；本研究之群系組類型及分布依表 12 繪製如圖 5，其中亞寒帶寒原之主要形相為常葉針葉-常綠闊葉混交矮盤灌叢(NEMK)，但於更接近嶺峰處有岩屑地草本植群(talus herb vegetation)，其成因屬地形崩落而非氣候造成，且面積極小而不規則，故本研究僅止於描述而不予製圖；冷溫帶森林主要由上段的臺灣冷杉及下段的臺灣鐵杉 2 種針葉樹組成，上段由臺灣冷杉構成優勢冠層且

¹⁴ 中國通常將krummholz譯為高山矮曲林。

整體上為純林，而下段之臺灣鐵杉雖常佔優勢或臺灣雲杉於局部地點佔優勢，但已有臺灣冷杉自上方下降，亦滲雜來自下方的檜木及其他闊葉樹，故冷溫帶可劃分為上段的常綠針葉純林(NP)、下段的滲有針闊葉樹的常綠針葉混交林(ND'E'M)；涼溫帶森林有常綠針葉、常綠闊葉、落葉闊葉之 3 種可能組合，紅檜、扁柏、臺灣杉、香杉等針葉樹形成明顯的挺出冠層，但未完全佔據整個林分，其下則由少量的紅豆杉、臺灣粗榧等針葉樹，常綠闊葉而形體較大之森氏櫟、卡氏櫟，及形體較小的狹葉高山櫟、白花八角、昆欄樹、霧社木薑子、漸尖葉新木薑子等為優勢，間雜有槭樹類(Acer)、阿里山榆、川上氏鵝耳櫟、臺灣蘋果等多種落葉闊葉樹，各組成之分布似受控於機遇、競爭等因素難以預測，故考量森林形相外貌的整體，將其列為常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林(NEDM)；暖溫帶森林主要形相為常綠闊葉林，偶有黃杉、肖楠等挺出針葉樹，闊葉樹有殼斗科、樟科、山茶科、木蘭科等多種樹種，本群系組命名為滲有少量針葉樹的常綠闊葉混交林(EN'M)；亞熱帶森林佔有臺灣 71.0%面積，依熱量可再分為涼段及熱段，包含甚多常綠闊葉樹種，可列為常綠闊葉混交林(EM)，但在臺灣西、西南部之熱段的局部地點有冬季乾旱現象，除常綠闊葉樹外，亦有乾落葉樹種，其形相為半常綠闊葉混交林(SM)。

5.4 群系之製圖

群系之劃分主要係依據 WDI，但也參考相關研究報告及本研究之主觀判定；由 PER 可知臺灣上層山地因氣溫低，致蒸發散量低而無缺水現象，蘇鴻傑(1992)亦曾提及其用來劃分地理氣候區的年雨量及冬雨率，「由於榕楠林帶只分布於中南部，故變化範圍較小，而全島普遍出現之楠櫟林帶則變域最大，可作為地理氣候區分化之典型帶，在此帶以上，氣候區之差異逐漸縮小，至櫟林帶上層及鐵杉雲杉林帶，則氣候分化已不明顯，臺灣之高山地區，概屬夏雨型氣候，各地主要林型差異亦小...」，故本研究認為涼溫帶常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林(NEDM)以上之水分境況，可暫不須再予細分，其中亞寒帶之冬雨率介於 0.18 ~ 0.27 間、PER 介於 0.08 ~ 1.13，此係本區氣溫最低而估算出最低之潛在蒸發散量，但因海拔 3600m 以上之高山嶺峰白天輻射較強，且矮盤灌叢較能容許輻射直達地面，實際蒸發散量將較潛在量高出許多，在不論及積雪融雪之情況下，可設定為潤濕；冷溫帶上段之冬雨率介於 0.09 ~ 0.31 間、PER 介於 0.10 ~ 0.23，加諸地表豐富苔蘚覆蓋，設定為超濕，而冷溫帶下段之冬雨率介於 0.06 ~ 0.32 間、PER 介於 0.14 ~ 0.34，地表通常較上段之冷杉林略乾，此區之鐵杉之冠形為直接輻射型(Su

1984b)，故設定為重濕；涼溫帶森林之冬雨率介於 0.06 ~ 0.32 間、PER 介於 0.19 ~ 0.48，然此林帶相當於雲霧帶，水平降水極為豐富，故設定為超濕。自涼溫帶以降，臺灣各地降雨之季節分配已有極大差異，最高冬雨率已超過 Su(1985)定義恒濕性氣候的 0.4，其中暖溫帶森林之冬雨率介於 0.05 ~ 0.41 間、PER 介於 0.21 ~ 0.57 間，依表 7.1 的 WDI 值域，可分為超濕(superhumid)、重濕(perhumid)、潤濕(humid)3 種水分境況；亞熱帶涼段森林之冬雨率介於 0.04 ~ 0.53 間、PER 介於 0.23 ~ 0.93 間，依 WDI 可分為超濕、重濕、潤濕、略濕(subhumid) 4 種水分境況；亞熱帶熱段森林之冬雨率介於 0.03 ~ 0.53 間、PER 介於 0.26 ~ 1.31 間，依 WDI 可分為超濕、重濕、潤濕、略濕、冬乾(winter-dry)5 種水分境況；圖 6 為以修正溫量指數及 WDI 為依據的群系製圖結果，計有 16 種潛在植群群系。

表 13 潛在植群之各階層類別所佔的面積。

群系綱	面積	群系亞綱	面積	群系組	面積	群系	面積
寒原	913	亞寒帶	913	NEMK	913	潤濕	913
				NP	36,454	超濕	36,454
		冷溫帶	194,405	ND'E'M	157,951	重濕	157,951
				涼溫帶	413,202	NEDM	413,202
		暖溫帶	436,072	EN'M	436,072	超濕	259,299
						重濕	101,123
						潤濕	75,650
				EM	961,335	超濕	355,731
						重濕	172,173
						潤濕	386,311
亞熱帶	2,560,941	EM	751,728	略濕	47,120		
				超濕	86,215		
		SM	847,878	重濕	172,876		
				潤濕	492,673		
				略濕	436,708		
				冬乾	411,170		

註：本表面積之單位為 ha，臺灣島總面積為 3,605,533 ha。

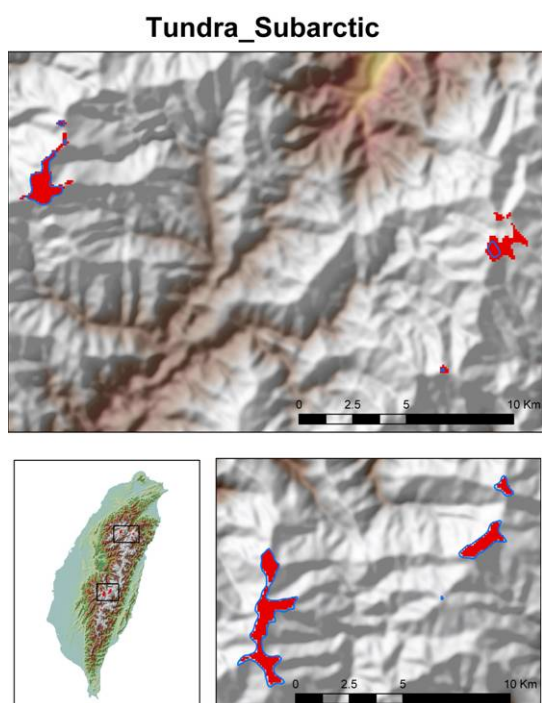


圖 3 群系網(上圖為雪山及南湖大山，下右圖為玉山及馬博拉斯山；紅色屬寒原，其餘屬森林群系網；藍線為 3,600 m 等高線)。

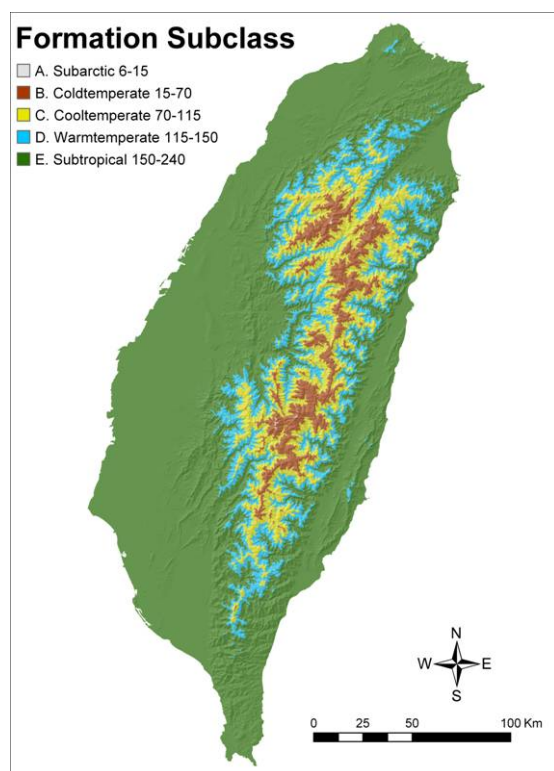


圖 4 群系亞網(共計 5 類)。

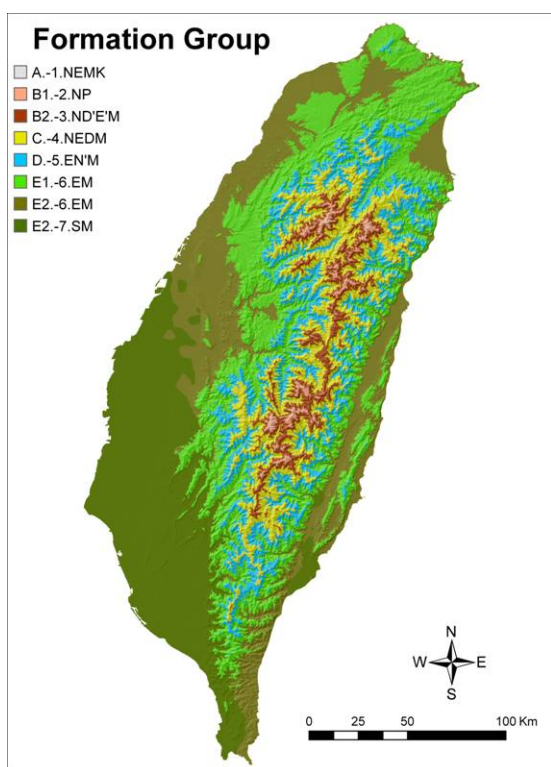


圖 5 群系組(共計 8 類)。

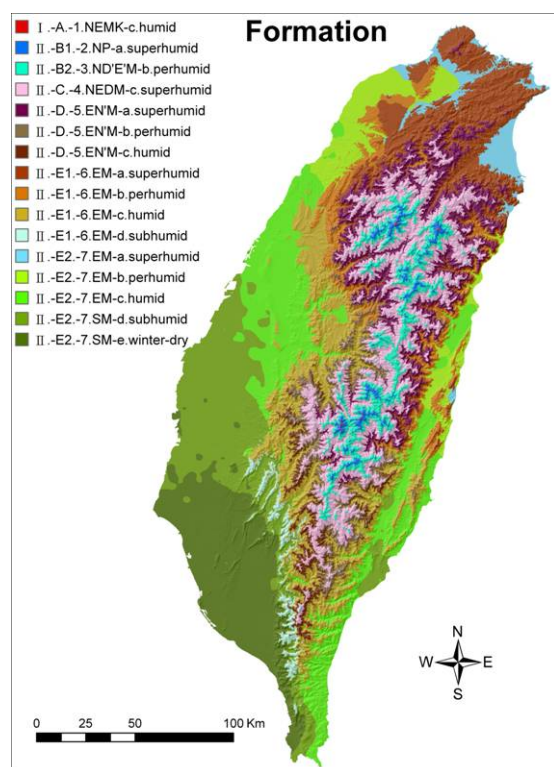


圖 6 群系(共計 16 類)。

第六章 結論

標準的國家植群分類系統(NVCS)有助於資源評估、增進科學知識、支持自然資源管理、支持生態系經營行動，亦為植群製圖之第一步驟(Grossman *et al.* 1994)，植群自然分類所遵循的原則應該是植物群落綜合特徵，及其對一定生態條件的聯繫(吳征鎰，1980)；由於本研究著重於氣候特徵與植群類型之對應關係，故所設定之目標為研擬可反映氣候特徵的潛在準極相植群形相分類方案，其中之植群類型即為潛在植群圖之製圖單元。

氣候所反映的植群僅為潛在的、自然的、準極相的植群，對於現生的、人為的、演替中前期的植群僅具參考性。本文參考美國及中國之國家植群分類系統，釐清植群分類之關鍵議題，再予擬定適用於臺灣之分類原則及架構，研擬可與氣候相配合之潛在植群形相分類方案，總計劃分為4階層(表 10)：寒原、森林 2 類群系綱，亞寒帶、冷溫帶、涼溫帶、暖溫帶、亞熱帶 5 類群系亞綱，8 類群系組表徵優勢植群之葉片的物候與形態，16 類群系說明其水分境況及優勢分類群；由於氣候與植群之相關性，當時空尺度愈小時，受土壤、地形、競爭、機遇、歷史因素等因子之影響愈顯著，氣候與植群之相關性將漸趨下降；雖然本方案僅論及潛在植群分類，但在形相階層上其架構應仍可適用於現生植群。

低階的植相階層之分類，可藉由大量的樣區資料來進行整併，再予描繪出合理的植群單元，屬由下往上整合之方式，本研究未來或可對格式轉換及不同調查個案合併提供助益，但此種途徑目前在台灣似乎尚無足夠的樣區原始資料；描述台灣植相階層的另一途徑為蘇鴻傑&劉靜榆(2004)建議的歐洲法瑞學派植相社會學研究法，藉由鑑別種將樣區合併為新的類型組合，此法已由俞秋豐(2003)、劉靜榆(2003)實際應用於 Su(1985)之台灣東北氣候區及中西部氣候區，如何合理選擇鑑別種可能是最大的挑戰。上揭低階的植相分類研究途徑，與本研究所研擬之高階的形相分類，分屬 2 種不同之概念與途徑，將植群切分為形相與植相分類雖有違植群之本質，但在現實上可有助於理解植群之類型與分布，然而在形相分類與植相分類之間仍待進一步的聯繫。本文之植群形相分類方案，可有助於確立、定義大量樣區整併後的植相單元，反之，樣區資料之整併結果也可重新檢視形相分類之類型，因此當植群調查資料愈豐富時，植群資訊組織(organization of

vegetation information)將愈清楚，植群分類系統也將愈合理接近植群之本質。

第七章 引用文獻

- 丘寶劍(1993)關於中國熱帶的北界。地理科學 13(4)：297-305。
- 本多靜六(1899)臺灣ノ森林帶ニ就テ。植物學雜誌 13(149): 229-237；13(150): 253-259；13(151): 281-290。
- 任美鏗、曾昭璇(1991)論中國熱帶的範圍。地理科學 11(2)：101-108。
- 佐佐木舜一(1922)新高山叢森林植物帶。臺灣總督府中央研究所林業部報告，第 1 號。
- 佐佐木舜一(1929)臺灣の高山植物の話。臺灣山林會報 40：25-30。
- 吳征鎰(編)(1980)中國植被。科學出版社，共 1382 頁。北京。
- 宋永昌(2001)植被生態學。華東師範大學出版社，共 673 頁。上海。
- 沈中桴(1996)臺灣的生物地理：1. 背景。臺灣省立博物館年刊，39：387-427。
- 沈中桴(1997)臺灣的生物地理：2. 一些初步思考與研究。臺灣省立博物館年刊，40：361-450。
- 柳楹(1970)臺灣植物群落分類之研究(III)：臺灣闊葉樹林諸群系及熱帶疏林群系之研究。國科會年報 4(2)，36 頁。
- 張新時(1989a)植被的 PE(可能蒸散)指標與植被-氣候分類(一)—幾種主要方法與 PEP 程序介紹植物生態學與地植物學報，13(1)：1-9。
- 張新時(1989b)植被的 PE(可能蒸散)指標與植被-氣候分類(二)—幾種主要方法與 PEP 程序介紹植物生態學與地植物學報，13(3)：197-207。
- 張新時(1993)植被的 PE(可能蒸散)指標與植被-氣候分類(三)—幾種主要方法與 PEP 程序介紹植物生態學與地植物學報，17(2)：97-109。
- 陳玉峰(1996)臺灣高山植物(帶)歷來研究之檢討。臺灣省立博物館年刊 39：

41~112。

斯煒(1948)玉山之植物社會。臺北市：氣象局玉山科學調查。

黃秉維(1992)關於中國熱帶界線問題(1)國際上熱帶和亞熱帶定義。地理科學
12(2)：97-107。

黃凱易、黃慧欣、施勝誠(2000)從地文因子觀點以 GIS 評估冷杉生育地之特性。
中華林學季刊 33(2)：231-243。

鄭師中(譯)(1995)山岳天氣與氣候(譯自 Barry, E. G. (1992) Mountain Weather and
Climate, 2nd. edition)。國立編譯館，共 548 頁。臺北市。

賴明洲(2000)臺灣植被生態學研究現況與發展。國家永續發展論壇—花蓮論壇：
植被生態學與生物多樣性研討會論文集，2000/01/18-19，花蓮中信飯店，第
1-103 頁。

環境廳自然保護區(1999a)第 5 回基礎調查植生調查報告書植生メッシュデータ
とりまとめ全国版。東京都：環境廳自然保護區。共 346 頁。Web address:
http://www.biodic.go.jp/english/kiso/vg/vg_kiso_e.html

環境廳自然保護區(1999b)第 5 回基礎調查植生調查報告書植生統一判例の考
え方。東京都：環境廳自然保護區。共 93 頁。Web address:
http://www.biodic.go.jp/english/kiso/vg/vg_kiso_e.html

蘇鴻傑(1983)森林生態學。臺灣商務印書館，共 462 頁。臺北。

蘇鴻傑(1978)中部橫貫公路沿線生態及遊客資料之調查與分析—中橫公路沿線
植被、景觀之調查與分析。國立台灣大學、交通部觀光局合作研究報告。第
101-176 頁。

蘇鴻傑(2003)植群之多樣性及多樣化之分類法。臺灣植群多樣性研討會論文集。
行政院農業委員會林業試驗所，第 2-16 頁。臺北市

Bailey, R. G. 1998 Ecoregions: The Ecosystem Geography of the Oceans and

- Continents. New York : Springer-Verlag. 176pp.
- Barnes, B. V., D. R. Zak, S. R. Denton & S. H. Spurr (1998) *Forest Ecology*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 774pp.
- Bruenig, E. F. (1989) *Ecosystems of the world*. In: Bourdeau, P, J. A. Haines, W. Klein and C. R. Krishna Murti (eds.) *Ecotoxicology and Climate*. pp. 29-40. John Wiley & Sons Ltd., New York.
- Bubb, P., I. May, L. Miles & J. Sayer (2004) *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 32pp.
- Clements, F. E. (1936) Nature and structure of the climax. *Jour. Ecol.* 24: 252-284.
- Cook, J. E. (1996) Implications of modern successional theory for habitat typing: a review. *Forest Science* 42(1): 67-75.
- Danils, L. D. & T. T. Veblen (2003) Regional and local effects of disturbance and climate on altitudinal treelines in northern Patagonia. *Journal of Vegetation Science* 14: 733-742.
- Driscoll, R. S., D. L. Merkel, R. L. Radloff, D. E. Snyder, & J. S. Hagihara (1984) An ecological land classification framework for the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service Miscellaneous Publication Number 1439. Washington, D. C.
- Ellenberg, H. & D. Mueller-Dombois (1967) Tentative physiognomic-ecological classification of plant formation of the earth. *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftg. Rübel.* 37: 21-55. Zürich.
- FGDC(Federal Geographic Data Committee)(1997)*Vegetation Classification Standard*. FGDC-STD-005. 58pp. Virginia: FGDC Web address: <http://www.fgdc.gov/Standards/Documents/StandardsVegetation>.
- Gansert, D. (2004) *Treelines of the Japanese Alps – altitudinal distribution and species*

- composition under contrasting winter climates. *Flora* 199(2): 143-156.
- Gavilán, R. G., F. Fernández-González & C. Blasi (1998) Climatic classification and ordination of the Spanish Sistema Central: relationships with potential vegetation. *Plant Ecology* 139: 1-11.
- Gégout, J. C. & F. Houllier (1996) Canonical correspondence analysis for forest site classification. A case study. *Ann. Sci. For.* 53: 981-990.
- Gregorio, A. D. & L. J. M. Jansen (1998) Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 91pp.
- Grossman, D. H., X. Li, C. Wisnewski, D. Faber-Langendoen, M. Anderson, L. Sneddon, D. Allard, M. Gallyoun & A. Weakley (1998) International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States. Volume I. The National Vegetation Classification System: development, status, and applications. Virginia: The Nature Conservancy. 126pp. Web address: <http://www.natureserve.org/library/vol1.pdf>
- Grossman, D., K. L. Goodin, X. Li, D. Faber-Langendoen, M. Anderson. (1994) Standardized National Vegetation Classification System - final draft. The Nature Conservancy, Virginia. 203pp. Web address: <http://biology.usgs.gov/npsveg/classification/>
- Harding, J. S. & M. J. Winterbourn (1997) An ecoregion classification of the South Island, New Zealand. *Journal of Environmental Management* 51: 275-287.
- Holder, C. D. (2003) Fog precipitation in the Sierra de las Minas Biosphere Reserve, Guatemala. *Hydrological Processes* 17: 2001-2010.
- Holdridge, L. R. (1967) Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San Jose, Costa Rica. 54pp.

- Holtmeier, F. K. & G. Broll (1992) The influence of tree islands and microtopography on pedoecological conditions in the forest-alpine tundra ecotone on Niwot Ridge, Colorado Front Range, USA. *Arctic and Alpine Research* 24: 216-228.
- Huang, K. Y. (2002) Evaluation of the topographic sheltering effects on the spatial patterns of Taiwan fir using aerial photography and GIS. *International Journal of Remote Sensing* 23(10): 2051-2069.
- Ingraham, N. L. & R. A. Matthews (1995) The importance of fog-drip water to vegetation: Point Reyes Peninsula, California. *Journal of Hydrology* 164: 269-285.
- Ito, K. (1980) Brief comments on the forest vegetation of Hokaido (1). Report of Taisetsuzan Institute of Science, Asahikawa College Hokkaido University Education, No. 15: 1-22.
- Jennings, M., O. Loucks, D. Glenn-Lewin, R. Peet, D. Faber-Langendoen, D. Grossman, A. Damman, M. Barbour, R. Pfister, M. Walker, S. Talbot, J. Walker, G. Hartshorn, G. Waggoner, M. Abrams, A. Hill, D. Roberts, & D. Tart. (2004) Guidelines for describing associations and alliances of the U.S. National Vegetation Classification. The Ecological Society of America, Vegetation Classification Panel, Version 4.0 July, 2004. 165 pp.
- Jennings, M. D. (1997) Progressing toward a standardized classification of vegetation for the U.S. *Gap Analysis Bulletin* No. 6, U.S. Geological Survey, National Gap Analysis Program, Moscow, Idaho. 53p.
- Juvik, J. O. & P. C. Ekern (1978) A climatology of mountain fog on Mauna Loa, Hawaii Island, Technical Report no. 118, Water Resources Research Center, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 63 p.
- Kimmins, J. P. (1997) *Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management* (2nd ed.) London: Prentice-Hall, Inc. 596pp.

- Kira, T. (1991) Forest ecosystems of east and southeast Asia in a global perspective. *Ecological Research* 6: 185-200.
- Körner, C. (1998) A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115: 445-459.
- Küchler, A. W. (1956) Classification and Purposes in Vegetation Maps. *Geographical Review* 46(2): 155-167.
- Lavrenko, E. & V. E. Sochava (1950) Map of the Vegetation in the European Parts of the USSR. Leningrad (in Russian).
- Lioubimtseva, E. & P. Defourny (1999) GIS-based landscape classification and mapping of European Russia. *Landscape and Urban Planning* 44: 63-75.
- Longman, K. A. & J. Jenik (1974) *Tropical Forest and Its Environment*. London: Longman.
- Marshall, I. B. & P. H. Schut (1999) A National Ecological Framework for Canada: Overview. Web address: <http://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/ecostrat/intro.html>.
- Masuda, K. (2000) A note on the climatic factors controlling the global distribution of vegetation. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University* 35: 21-30.
- Miehe, G. (1989) Vegetation patterns on Mount Everest as influenced by monsoon and föhn. *Vegetatio* 79: 21-32.
- Nelson, P. W. (2002) Classification and characterization of savannas and woodlands in Missouri. *In: Hartman G, Holst S & Palmer B (eds.), SRM 2002-Savanna/Woodland Symposium*. Kansas City, Missouri. February 13-19, 2002. pp.9-25.
- Nigh, T. (2002) Using ecological land classification systems to identify savanna and woodland potential in Missouri. *In: Hartman G, Holst S & Palmer B (eds.), SRM 2002--Savanna/Woodland Symposium*. Kansas City, Missouri. February

- 13-19, 2002. p.26. Webaddress: www.mdc.mo.gov/documents/eco_land_class.ppt
- Numata, M. (1984) The relationship between vegetation zones and climatic zones. *Japanese Journal of Biometeorology* 21(1): 1-10.
- Odum, E. P. (1983) *Basic Ecology*. Taipei: Jwang Yuan Publishing Co. 613pp.
- Ohsawa, M. (1990) An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in south and east Asian mountains. *Journal of Ecology* 78: 326-339.
- Pfister, R. D. & S. F. Arno (1980) Classifying forest habitat types based on potential climax vegetation. *Forest Science* 26(1): 52-70.
- Rodwell, J. S. (1991) *British Plant Communities: Volume 1, Woodlands and Scrub*. New York: Cambridge University Press. 400pp.
- Song, Y. C. & G. S. Xu (2003) A scheme of vegetation classification of Taiwan, China. *Acta Botanica Sinica* 45(8): 883-895.
- Suzuki, T. (1952) *The Forest Vegetation of East Asia*. Kokin Shoin, Tokyo. 137pp. (in Japanese)
- Svirezhev, Y. M. & W. von Bloh (1996) A minimal model of interaction between climate and vegetation: qualitative approach. *Ecological Modelling* 92: 89-99.
- Tansley, A. G. (1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 184-307.
- Tansley, A. G. (1941) Note on the status of salt-marsh vegetation and the concept of 'Formation'. *The Journal of Ecology*. 29(2): 212-214.
- Treitz, P. & P. Howarth (2000) High spatial resolution remote sensing data for forest ecosystem classification: an examination of spatial scale. *Remote sensing of environment* 72: 268-289.

Tuhkanen, S. (1980) Climatic Parameters and Indices in Plant Geography. Almqvist and Wiksell International, Sweden. 110pp.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) (1973) International classification and mapping of vegetation. Series 6. Ecology and conservation. Paris: UNESCO.

Walker, D. A. (1999) An integrated vegetation mapping approach for northern Alaska (1:4 M scale). *International Journal of Remote Sensing* 20: 2895-2920.

Walker, D. A., N. A. Auerbach, J. G. Bockheim, F. S. Chapin, W. Eugster, J. Y. King, J. P. McFadden, G. J. Michaelson, F. E. Nelson, W. C. Oechel, C. L. Ping, W. S. Reeburg, S. Regli, N. I. Shiklomanov & G. L. Vourlitis (1998) Energy and trace-gas fluxes across a soil pH boundary in the Arctic. *Nature* 394: 469-472.

Ward, R. T. & M. J. Dimitri (1966) Alpine tundra on MT Cathedral in the southern Andes. *New Zealand Journal of Botany* 4: 42-56.

Wardle, P. (1971) An Explanation for Alpine Timberline. *New Zealand Journal of Botany* 9: 371-402.

Wilhelm, G. (2002) What is a Savanna? *In*: Hartman G, Holst S & Palmer B (eds.), SRM 2002--Savanna/Woodland Symposium. Kansas City, Missouri. February 13-19, 2002. pp.3-8.

Woodward, F. I. (1987) *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, Cambridge. 174pp.

Yim, Y. J. & T. Kira (1975) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. *Japanese Journal of Ecology*. 25: 77-88.

Yim, Y. J. & T. Kira (1976) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Japanese Journal of*

Ecology. 26: 157-164.