

# 林火燃料分類與地面複合式調查方法概述

文、圖 林世宗 國立宜蘭技術學院森林學系教授  
林朝欽 行政院農委會林業試驗所副研究員  
邱祈榮 國立台灣大學森林學研究所助理教授  
周巧盈 國立台灣大學森林學研究所碩士班研究生

## 前言

依林務局之統計（林務局，2002），從1998~2002年以來，林火發生的頻率有明顯較往年為多，尤其是2001年2、3月及2002年5月於大甲溪事業區發生的森林大火，造成數百公頃林地毀損等森林資源損失之外，為了撲救這些林火，更動用大量人力、物力進行搶救工作，甚至國家最高行政首長亦親臨關切。可見林火造成的社會關注甚高。如何減少林火發生時造成的損害，及有效進行林火撲救工作，乃林火管理之範疇。

但由於林業人員對台灣森林的燃料狀況與林火行為所知有限，以致於在面對林火撲救工作時，尚難制定一套有效的林火控制策略。因此，為了能有效控制林火、瞭解林火機制，必須架構一套林火管理系統，以達到林火行為之預測與防救之目的。（林朝欽，1992b）。

林火行為的理論為一切林火管理的基礎，林火行為的理論架構於林火環境中燃料、地形及氣象因子上（林朝欽，1992a）。其中地形不易隨時間變動，且目前我們能夠

透過數值地形與GIS分析功能充分掌握地形資訊；氣象可算是林火行為中最不易掌握的影響因子，且其對林火行為具最直接的影響，目前台灣在氣象資訊的蒐集工作上，已有專責機構負責收集長期氣候資料，縱使山區氣象資料仍有不足，但林務局已透過林火預警系統，開始著手收集山區氣象資料。相較來說，燃料雖不像氣象影響林火行為如此顯而易見，但卻是藉由複雜的燃料組成、燃料結構，及其隨氣象因子變化的敏感性，對林火行為產生關鍵性影響。

因此在林火管理上，只要能充分掌握燃料因子，配合地形與氣象資料，即可推估林火行為，並進行林火控制與管理的決策工作。欲掌握燃料狀況，須對燃料性質與其對林火行為之影響具有完整地瞭解；同時基於燃料分類的原則，設計各型燃料調查的項目與方法，以獲得最初也是最完整的燃料資訊。本文旨在於介紹燃料性質與林火行為間的關係，及實地燃料調查所依據的分類原則與調查方法。



## 燃料性質與林火行為間的關係

林火擴展的速度與範圍，會受到燃料物質的總量（loading）、形狀、大小、含水率、抽出行分，及燃料物質在空間上的排列組合及緊密度（compactness）等燃料特性的影響。以下就影響林火行為的燃料特性，分為物理與化學兩性質來介紹，並討論燃料性質如何影響林火行為。

（一）燃料的物理性質（Byram, 1959；Brown, 1970；Rundel, 1978；NWCG, 1981；Chandler *et al.*, 1983；Pyne, 1984）

### 1. 燃料量（fuel loading）

指每一單位面積燃料絕乾重（over-dry weight），其單位為公噸（ton）。也就是每一單位面積的林地中，可獲得多少的有效燃料量，此有效燃料量亦即潛在的火強度中所包含的能量。

### 2. 燃料的比重（specific gravity）

每一單位體積燃料的重量。燃料的比重會影響熱傳導與引燃的時間，使得熱傳播的速度隨著燃料比重的增加而減少。

### 3. 燃料的形狀與大小（shape、size）

通常以燃料的面積與體積比（surface-to-volume ratio，）來表示燃料的形狀與大小，其單位為 $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ 。燃料的面積與體積比對燃料溫度與燃料含水率的變動越敏銳。同時燃料的面積與體積比和燃料引燃與傳播的速度成正比，因為燃料的面積與體積比越大，越易進行熱的傳遞，引起燃燒。

### 4. 燃料的緊密度（compactness）與燃料

### 的孔隙率（porosity）

緊密度表示單位面積中，燃料物質間的相對距離。通常以體積密度（bulk density）來度量緊密度，體積密度是指一單位體積的燃料基質（fuel bed）中燃料的體積。相對於緊密度，孔隙率是指燃料物質在空間排列上的相對位置，影響燃料物質間氧氣的提供與輻射熱能的傳遞，因而影響引燃的時間與熱傳播的速度。當孔隙率很大或很小時，熱傳遞的速度對都很慢，因為孔隙率太大，會增加熱傳遞的距離，減少引燃的機率；而孔隙率太小，會減少氧氣和燃料接觸的機會，抑制燃料的引燃。

### 5. 燃料的水平連續性（horizontal continuity）

此表示在不同層次或平面上，燃料物質水平分布的緊密情形。同樣的，水平連續性越緊密，燃料傳播的速度越快；若燃料在水平方向上分布得很散，則燃燒不易傳播，除非藉由風來傳遞熱能，否則燃燒擴展不易。

### 6. 燃料的垂直排列（vertical arrangement）

表示燃料物質相對於地面的高度，也可稱為燃料垂直方向的連續性。通常將燃料的垂直排列分為三層（如圖1），若三層燃料的垂直結構很完整，則稱此為階梯狀燃料（fuel ladder），燃燒易從地表延燒至冠層。

#### （1）地下燃料（ground fuel）

地表枯枝落葉層下的下層落葉層（duff）、有機物質（organisms）、腐植層（humus）和樹根等物質。

(2) 地表燃料層surface fuel

地表的枯枝落葉層 ( litter )、倒木物質及低矮植被、灌叢、幼苗等。

(3) 冠層燃料層crown fuel

樹冠層的物質，如生立木之枝幹、葉叢、垂掛物及枯木。

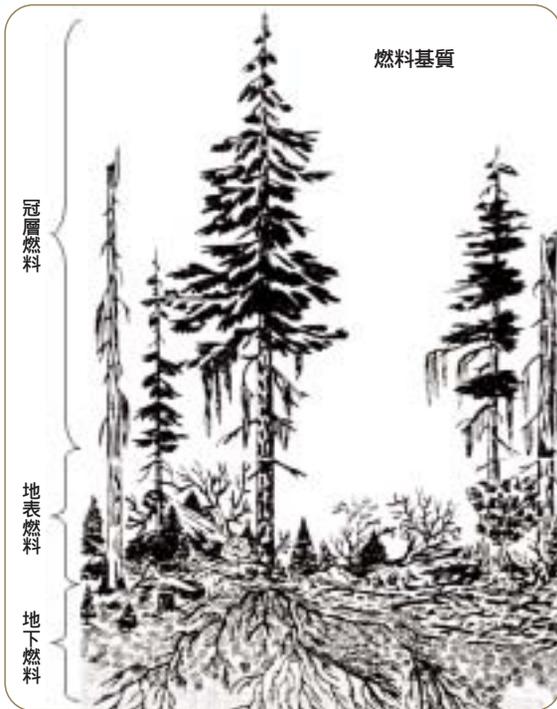


圖1 燃料的垂直排列圖修改自Pyne,1984

(二) 燃料的化學性質

1. 燃料的含水率 ( fuel moisture content,FMC )

表示燃料中的水分含量，通常以

$$\frac{(\text{燃料鮮重}-\text{燃料絕乾重})}{\text{燃料絕乾重}} \times 100 \%$$

來表示。燃料含水率是反應火環境中燃料與氣象兩因子的變數，其對林火行為的影響十分直接且明顯。不論燃料在鮮活或枯死狀態

時，燃料含水率隨氣象因子之改變而變動。枯死燃料的含水率與燃料本身的表面積與體積比、比重與空間中排列的緊密度有關，大致來說，燃料濕度環境的溫度、濕度、風速與太陽輻射有關 ( Chandler *et al.*,1983 )。

鮮活燃料的含水率 ( Pyne,1984 ) 變動範圍為70~200 % ；而枯死燃料因水分不同的狀態 ( 液體、汽體 )，而有不同的含水率變動範圍。枯死燃料的含水率受液態水影響的變動範圍為200~300 % ，受汽態水影響的變動範圍為1.5~30 % 。相對來說，鮮活燃料與水分的互動關係較主動，枯死燃料與水分的互動關係較被動，因為鮮活燃料本身能進行水分的流動，藉由蒸發散與吸收作用，控制水分在本身的含量，而枯死燃料則否。

所以不同鮮活度的燃料，FMC受環境中溫、濕度變化的影響，而使其達到不同的平衡含水率 ( equilibrium moisture content,EMC )。此種因環境改變，致使FMC變動至另一FMC，其中含水率變動間距的63 % ( 1-1/e )，所花費的時間或所反應的時間，我們稱為燃料濕度的時間延遲 ( timelag ) ( Pyne *et al.*,1996 )。通常鮮活燃料的時間延遲較枯死燃料為長，含水率較高的燃料其時間延遲效應較強。

2. 燃料的抽出物 ( extractive )

如乙醚 ( ether )、苯乙醇 ( benzene-ethanol )、樹脂 ( resin ) 和無矽灰分 ( silica-free ash ) 等，容易在較低的溫度 ( 約 65~145度C ) 揮發。抽出物在較低的溫度揮發時，會放出較高能量的氣體，增強燃料物



的溫度，幫助燃料引燃。所以燃料若含有較高揮發性的抽出物，則較易引起燃燒 (Rothermel,1976；Rundel,1978)。

### (三) 燃料與林火行為的關係

依以下燃料性質：

- (1) 燃料量
- (2) 燃料的比重
- (3) 燃料的含水率FMC
- (4) 抽出物
- (5) 燃料的表體比
- (6) 緊密度
- (7) 水平連續性
- (8) 垂直排列

可與林火行為做相關的界定，如下圖2所示。

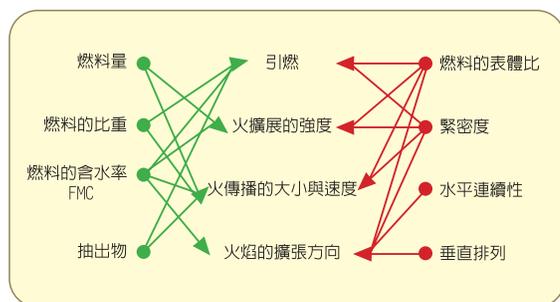


圖2 燃料和林火行為的關係

如圖2我們可得知，燃料的含水率、表面積與體積比及緊密度是影響林火行為的主要因素，因為此三者對各型態的林火行為都會產生影響。其中「引燃」會受到燃料的含水率、比重、表面積與體積比及緊密度所影響；其中以FMC影響最關鍵，因為這些燃料性質彼此間也會相互影響，如燃料的比重、

表面積與體積比及緊密度皆會影響FMC，所以我們只要瞭解FMC的變化，即可掌握林火引燃的機率。

因此在討論「火擴展的強度」時，只需考慮燃料量與FMC即可掌握火強度。而「火傳播的大小與速度」，可算是最複雜的行為，其受所有燃料性質影響；另外「火傳播的大小與速度」主要受三個關鍵的燃料因子：燃料量、含水率與抽出物所影響。而當描述「燃料擴展的方向」時，除了主要的FMC影響外，需特別考慮燃料在空間中的排列情形，如水平連續性與垂直排列。

燃料性質與林火行為間之關係，事實上乃基於植物本身的型態、化學性質及植物群聚中的排列情形。對照前述之燃料性質，我們可以將植群依其型態與在空間上的排列組成而分為針葉樹林、闊葉樹林、灌叢與草原地等四大 (Bond and Wilgen,1996)。針葉樹林具有完整的垂直與水平結構的植群；闊葉樹林雖然具有完整的樹冠層，但其下層林木的組成較少，其垂直連續性不佳；灌叢雖



殊攝影 / 袞吉鵬菌

然水平分佈的較鬆散，但單叢的垂直結構緊密；草原在水平方向上的連續性完整，但受草本植物的生理影響，其高度不高，沒有垂直結構的組成。

依單一植物體本身來探討，不同種類的植物，具有不同的型態與化學性質。如針形葉的表面積與體積比較大、密度較小，水分散失較快，不易保有較高的FMC；相對的肉質葉，其表面積與體積比較小、密度較大，易保有較高的FMC。

另一方面，植物形狀的大小與FMC的關係，可依其枯死或鮮活狀態分別討論。Deeming和Brown（1975）依據時間延遲效應，將枯死的植物依口徑大小分為四級：0~0.6cm、0.6~2.5cm、2.5~7.6cm及7.6cm以上，分別表示其時間延遲各為1hr（小時）、10hr、100hr、與1000hr。所以不同的植物類型和燃料性質間緊密相關。

### 燃料物質之分類

燃料分類依據的架構為：先從俯視的角度觀看林地的植被覆蓋型，再進入此林分中，觀察其垂直空間的排列組成；然後就植物個體，觀察其燃料的大小，以進行整體的燃料分類工作。此分類的原則為實地調查時，針對不同組類的燃料，依其特性進行不同燃料特質的觀察、量測與取樣之工作。

#### （一）依植被的覆蓋型（vegetation cover type）

基於植物個體的型態及植群結構的差

異，依此基礎將植被型分為四大類：草原（grass）、灌叢（shrub）、樹木（timber）與伐木跡地（slash）（Anderson,1982）。其中樹木型態的植群還可再細分為針葉樹林（conifer）、落葉樹林（deciduous）與針闊葉混合林（mixedwood）等三類（FCFDG,1992），因為基於不同的植被覆蓋型，而有不同的燃料分類結果。所以在各類別之下，還可依不同的物種再進行細分，如此各類型所表現的林火行為才會趨於一致性。同時，也可將各植被覆蓋型的樹冠緊密度和林分年齡一起納入分類的標準，如此更能區分不同的燃料組成，以使各類型內的林火行為之一致性，表現更高。

#### （二）依燃料的階梯狀排列（fuel ladder）

此表示燃料垂直排列的完整性，依據燃料基質的層次，可以將燃料分為六大層（sandberg,2001）：樹冠層（tree canopy



圖3 燃料基質的層次圖 圖修改自Sandberg,2001 籍



stratum) 草本植被層 (low vegetation stratum) 木質燃料層 (woody fuel stratum) 枯枝落葉層 (litter fuel stratum) 及地下燃料層 (ground fuel stratum), 其中將地表燃料細分為木質燃料層、枯枝落葉層、灌叢層與矮小植被層。此分類依據林火行為在不同空間燃料的燃燒表現, 若一林地中各階層的燃料越完整, 則越易由地表火蔓延至樹冠火, 以致產生猛烈的火勢。所以在討論燃料分類時, 若能依此垂直空間結構上的分層方式, 來描述燃料狀態, 將能在三度空間中完整地描述燃料組成。

### (三) 依燃料大小分類 (fuel size)

Byram於1974年 (Deeming and Brown, 1975) 發現枯死燃料的大小與燃料濕度變化的時間延遲有一定的互動關係 (如表1), 當燃料越大, 燃料濕度變化的時間延遲越長。因此我們可以將燃料的狀態分為兩類: 枯死燃料與鮮活燃料。再將枯死燃料依其直徑的大小, 分為四級: 0~0.6cm、0.6~2.5cm、2.5~7.6cm及7.6cm以上, 其各代表不同的時間延遲效應; 因而導致在一定的時間內, 燃料不同的引燃機率, 同時燃料的大小亦與燃料的重量十分相關, 所以可以將燃料量依燃料大小的分級單位, 同樣分為

表1 枯死燃料口徑大小分級與時間延遲之關係

枯木分級	第1級	第2級	第3級	第4級
口徑大小(cm)	0~0.6	0.6~2.5	2.5~7.6	>7.6
時間延遲(hr)	1	10	100	1000

四級, 使燃料量和時間延遲產生關係, 讓此分級方式能代表更多的燃料訊息。

### 野外燃料調查之方法

實地的地面樣區調查法, 可獲得最詳盡且細部的資料, 除了親自進行樣區調查外, 尚可與年度的檢定調查工作配合, 以獲取所需的地面樣區資料。本文所介紹的燃料調查方法包括定性與定量的燃料資訊調查, 定性的燃料調查依據加拿大的林火行為預測系統 (FCFDG, 1992) 所整理出定性燃料描述項目。

定量的燃料調查分為冠層燃料與地面燃料兩部分, 其中冠層燃料為高度 > 2m的立木 (包括鮮活與枯立/斷木), 使用樣區法進行取樣調查; 地面調查方法依據Brown等人 (1982) 所發展的樣區/線調查法, 此方法具有樣區與樣線兩種取樣方法的特色, 因此稱之為地面複合式調查法。其中包括地表燃料與部分地下燃料的調查 (如圖4)。

本取樣調查為求各類型植物之燃料量, 也就是生物量。其中冠層林木先調查各植物體之生長性狀及各組成 (葉、枝、樹幹) 乾重, 尤其相對生長關係式推估樣區林木生物量; 亦可由材積藉由密度量測求得各類植物體比重, 以推估其生物量 (燃料量)。另形體小者如灌木 (H < 2m) 草本植被、枯枝落葉層及下層落葉層物採輔助樣區之全取方式量鮮重, 並取次樣本烘絕乾重, 以推估樣區單位面積枝燃料量; 而木質燃料的部分只調查與穿越線相交的各級倒木質的數量與密

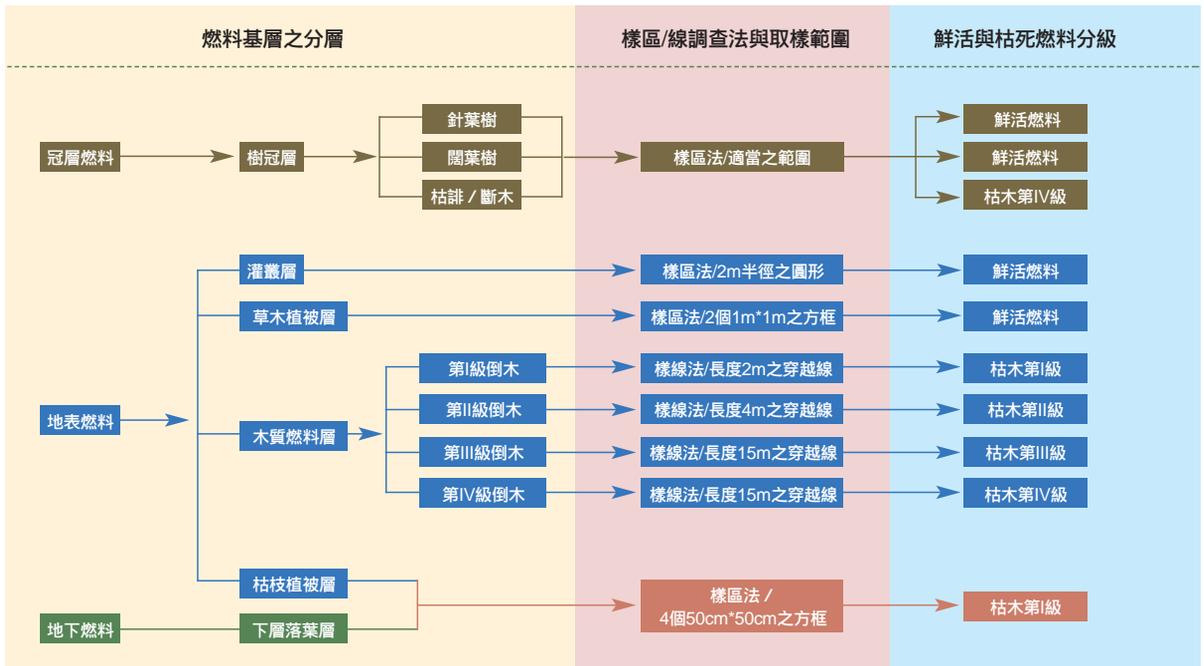


圖4 各燃料分層之調查方法與分級圖

度，即可代入Brown等人（1982）所發展的木植物燃料量之估算式，進行林分鐘單位面積的木質燃料量之推估。

(一) 冠層樣區與地面複合式調查之取樣設置 (如圖5)

### 1. 冠層樣區設置

以樣點為中心，圍出適當大小的樣區範圍，如40m x 25m或10 x 10m，視不同林分狀態與地形而定。

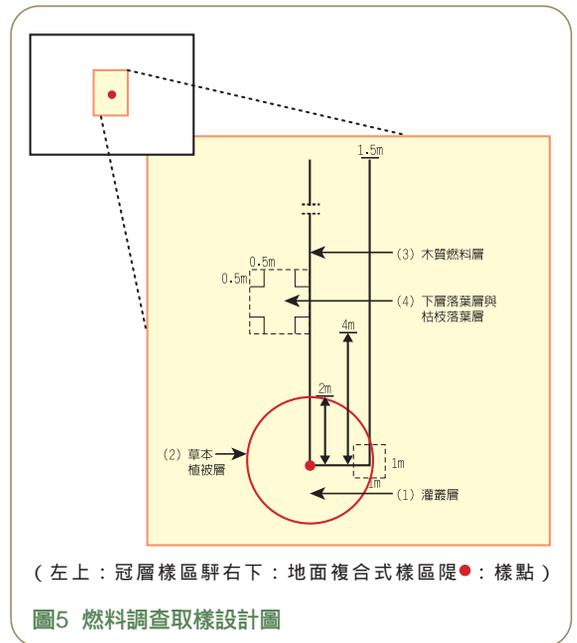
### 2. 地面複合式調查之取樣設置

同樣以冠層樣區中心點為本取樣中心位置，標示出取樣的位置範圍 (plot layout)。

- (1) 灌叢層：設1/300英畝（半徑2m）的圓形取樣範圍；
- (2) 草本植被層：設置兩個1m<sup>2</sup>的取樣範圍；

圖；

- (3) 木質燃料層：設置六條穿越線，每隔60度取一條，每條全長15m；



(左上：冠層樣區 右下：地面複合式樣區 ●：樣點)

圖5 燃料調查取樣設計圖



(1) 灌叢層



(2) 草本植被層



(3) 木質燃料層



(4) 下層落葉層與枯枝落葉層



圖6 地面複合式樣區取樣調查現場照片

- (4) 枯枝落葉層與下層落葉層：設置的四個50cm<sup>2</sup>的輔助樣區 (subplot)。

## (二) 調查區域之定性燃料與基本資訊紀錄 痕FCFDG, 1992)

1. 樣點編號
2. 調查時間：記錄年、月、日、時。
3. 位置與海拔高度：以GPS測定之。
4. 坡度、坡向：以傾斜儀測定之。
5. 植被覆蓋型、林相：以實際主要樹種與植被種類填寫。如二葉松林相與芒草植被。
6. 樹冠鬱閉度：填寫狀態為開闊（樹冠完全不相鄰，即使下層林木叢生顯著）、適當開闊（樹冠不完全相鄰，會隨季節變化）或濃密（樹冠完全緊

密相鄰）。

7. 林齡與林木狀態：填寫狀態為成熟、未成熟或幼齡。若本小班為造林區，可查詢其造林年度。
8. 枯枝落葉層之型態：填寫狀態為針葉型、闊葉型、枯草型、或地衣與蘚苔類。
9. 階梯狀燃料之垂直連續型：填寫狀態為連續（從樹冠至地表緊密相連）、分離（林冠層至地表明顯分隔）或漸層（樹幹上垂掛物）。
10. 灌叢、草本植被、枯倒物質、枯枝落葉與腐植層等各類物質之水平連續性：填寫狀態為無、疏鬆的、散落的、適中的或緊密相連的。

(三) 冠層燃料-樣區調查法 (林世宗 設 2002 ; USDA, 2002)

1. 分別調查樣區內高度高於2m的生立木、枯立(斷)木之樹種與DBH, 其中再調查枯斷木之高度。
2. 將生立木分為針葉樹和闊葉樹兩類, 兩者皆依胸徑分級, 以5cm為級距, 採用分層取樣方式, 依各徑級分佈數量來決定其各級取樣株數, 並選定樣木。

(1) 針葉樹

樣木伐倒後先測量其樹高及枝下高, 再分別量秤樣木樹幹、枝條及葉之鮮重, 最後取次樣本秤重後, 攜回研究室做絕乾。

(2) 闊葉樹

樣木伐倒後測量樹高, 並分別量秤樣木樹幹枝條及葉之鮮重, 同樣取次樣本秤重後帶回烘絕乾。

3. 枯立(斷)木燃料量調查

- (1) 枯立與枯斷木之區別: 枯木若頂稍不完整成中折木則歸為枯斷木。
- (2) 枯木及斷木分別依胸徑級分層, 取樣選定樣木, 伐倒後測量其樹高及總重。
- (3) 樣本: 枯立木取上、中、下三個圓盤; 枯斷木取胸徑處之圓盤, 若不及胸高者, 則取其末口直徑處圓盤。將圓盤攜回秤絕乾重。

(四) 地面燃料 (高度小於2m的燃料) — 地面複合式樣區調查法 (Brown *et al.*, 1982)

1. 灌叢層 (shrub)

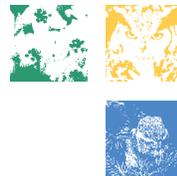
- (1) 以樣點為圓心, 半徑2m隻水平圓形樣區。
- (2) 判釋此樣區中樹高小於2m之樹種, 並量測其基部直徑、冠幅與樹高。
- (3) 拍攝此樣木的樹型, 以利之後的樹型分類。
- (4) 將此樣木從基徑處伐倒, 整株樣木不分幹、枝、葉, 攜回後烘絕乾, 以獲得樣木之乾重。

2. 草本植被層

- (1) 垂直穿越線且與圓形樣區邊界相交處, 取兩個1m見方之輔助樣區, 為草本植被的取樣區域。1m見方的邊框之水管製成。
- (2) 以目視法觀察植被 (包括鮮活的和枯死的) 的覆蓋百分比, 然後再觀察枯死與鮮活的百分比。
- (3) 量測此草本植被的平均高度。
- (4) 量測此草本植被的鮮重。取其次樣本約100g重攜回烘絕乾。

3. 木質燃料層

- (1) 以樣點為中心, 每隔60度取一條穿越線, 共六條穿越線, 倒木物質依其直徑大小分為四級, 其分別之取樣長度如表2所示。
- (2) 分級計數與穿越線相交的倒木、枯枝數量, 可使用倒木分級器 (go-on-go gage) (如圖7) 來幫助我們分級。當於取樣線上發現枯倒木口徑大於7.5cm者, 則需記錄其中央



等級	倒木直徑	取樣長度
	0-0.6cm (0-0.25inch)	0-2m (6.67feet)
	0.6-2.5cm (0.25-1.0inch)	0-4m (13.33feet)
	2.5-7.5cm (1.0-3.0inch)	0-15m (50feet)
	7.5cm以上 (3.0inch以上)	0-15m (50feet)

表2 倒木物質分級與取樣長度表

直徑與其枯朽狀態，記錄其為原木或朽木。

(3) 取各級倒木之樣本，其樣本數約為20個，攜回研究室做密度試驗。

(4) 標記的要則 (tally rule)

木質燃料層的物質是指從樹上或灌叢中掉落，垂掛或枯死的木質物（細枝、枝幹、樹幹等）。仍在立木上枯死的枝幹，不屬於倒木物質；倒木物質是已掉落於地面或和脫離生長體的物質。毬果、樹皮剝落、針闊葉、草類和草本植物等都不屬於倒木物質。

只需要計算於枯枝落葉層之中與之上的細枝和樹枝，若位於枯枝落葉層之下（下層落葉層）者，則不需計數。

若穿越線和倒木物質平行，且切過此物質的軸心，則需計算此樣本數。

若穿越線和彎曲物質的交點具有兩點以上，則每一點皆須計數。

#### 4. 枯枝落葉層 (Litter) 與下層落葉層 (Duff)

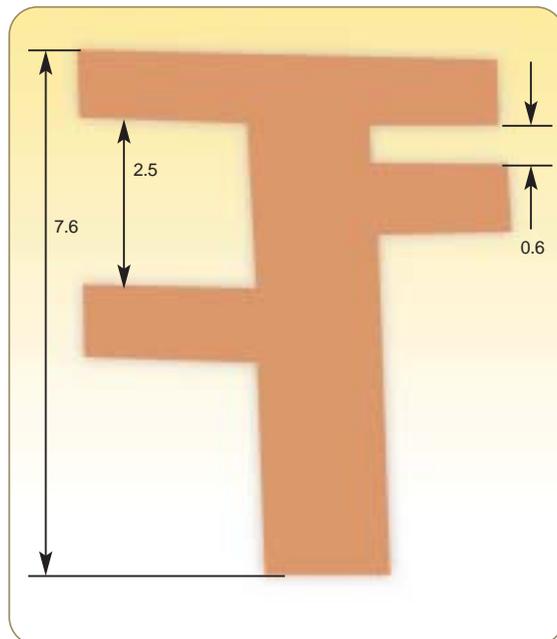


圖7 倒木分級器 (go-on-go gage) 單位為cm (做自Brown, 1974)

(1) Litter與Duff之區別：

**Litter**：包含新鮮的落葉、針葉、樹皮、毬果、果實、枯草。其物質全部的1/2需位於此層才算，若大於1/2部份位於下層，則算為Duff。此層顏色較淺、較乾燥疏鬆。

**Duff**：此層位於礦物土壤層上。顏色較深、較濕，松針不完整破碎狀。

(2) 沿著穿越線距樣點4-6m處，圍出一2m見方的區域。

(3) 於此2m見方的區塊四角上，分別以50cm見方的水管架，圍出四個輔助樣區，以此區域內進行調查。

(4) 調查此四個輔助樣區內，枯枝落葉層與下層落葉層的深度與重量，同時分別取3個10cm見方的結構剖面

樣本，攜回研究室做絕乾處理，以獲得各層之乾重。

### 椽五誣樣本處理

#### 1. 樣本絕乾處理

將攜回之各類燃料物質的次樣本，整理裝置與紙袋或布袋中，置於烘箱內，溫度定為 $103\pm 2$ ，耗時72-96小時，視樣本之表體比不同而異，將樣本烘至絕乾後秤重。

#### 2. 倒木物質之密度試驗

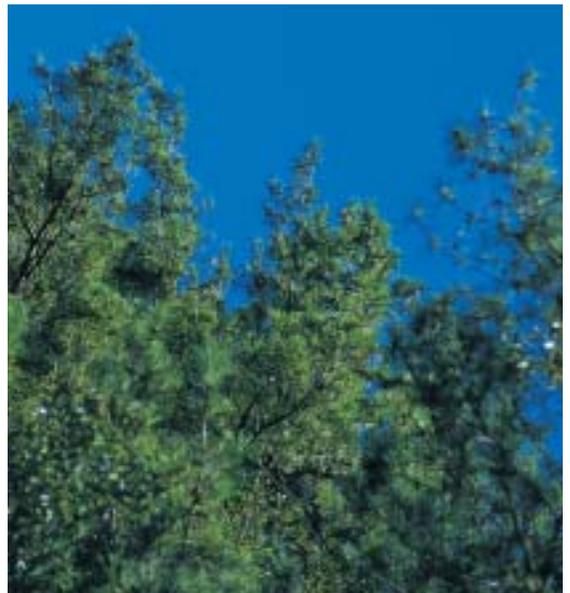
- (1) 將攜回之各級倒木選擇較通直處，切成每段約4-7cm長度之樣本，泡水24小時使之充分飽水，求其生材體積。
- (2) 第一、二級倒木由於其形狀較完整，以圓柱體估算方式求其體積。
- (3) 第三、四級倒木因其形狀較不固定且不完整，以排水法求其體積。
- (4) 將樣本以 $103\pm 2$ 烘至絕乾，得各級倒木物質之絕乾重。
- (5) 密度 ( $gw / cm^3$ ) = 絕乾重 ( $gw$ ) / 生材體積 ( $cm^3$ )

### 結論

燃料調查是獲得第一手燃料資料所不可省略的工作，而燃料性質中影響林火行為較重要的因子為燃料含水率、燃料量、燃料大小、燃料比重與燃料在空間中的排列組合。本文所介紹的調查方法包括了後四項性質，而缺少了燃料含水率的調查工作，此為後續研究調查所欲加強的部份。雖然實地的燃料

調查工作十分耗時耗力，但其除了可獲得完整的燃料資訊外，尚是其他間接推估調查方法（如航、遙測影像判釋法與圖片評估法）的基礎。因為透過良好的地面燃料調查成果，我們可以發展出較快速獲得燃料資訊的比對判釋法，提供實務應用上的可行性與便利性。

綜合以上所介紹的燃料調查方法，係依據Brown等人（1982）樣區/線調查之原理，惟配合台灣二葉松林地的實際狀況，在各類物質的取樣位置與調查項目上稍有調整，以便將地面與冠層燃料量的調查工作加以整合。在此，本文主要著重於介紹地面複合式調查方法的設計及量測項目與步驟，至於如何的應用此調查方法來推估每公頃燃料量，則因其所牽涉的統計推估事項較為複雜，將在另文加以說明。🌲



筵攝影 / 陳吉鵬誌