

國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文

指導教授：張世杰

鴛鴦湖森林生態系大氣養分輸入之探討

- Estimation of atmospheric deposition and canopy exchange in the Yunyang Lake forest ecosystem.



研究生：陳耀德

中華民國九十二年六月

## Abstract

Precipitation deposition, throughfall and stemflow were collected to determine the concentrations and fluxes of atmospheric nutrient input in the Yuanyang Lake forest ecosystem. The study site with the dominant species of *Chamaecyparis obtuse* var. *formosensis*, is located in the mountainous region where frequent fog coverage was observed. The interception deposition of fog was assessed by employing active strand fogwater collectors installed at three heights: above canopy, the lowest branch and the ground level.

The amounts of throughfall and stemflow were highly correlated with that of precipitation deposition. While throughfall reached 84.2% of the precipitation deposition, the amount of stemflow accounted for only 3.2% of the precipitation deposition. Considerable differences in chemical properties between precipitation deposition, throughfall and stemflow were observed, which might result from dry deposition, foliage leaching, epiphyte and microbes. By passing through the canopy, the concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  were increased, whereas considerable amounts of  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  were removed from the precipitation deposition.

Comparing to the other long-term ecosystem research sites, the Fu-shan and the Guandaushi forests, in Taiwan, the acid deposition and dry deposition at the Yuanyang Lake site were much lower. Leaching in the evergreen broad-leaf forests was higher than that in the coniferous forests, suggesting a higher buffering capacity of  $\text{H}^+$  for the evergreen broad-leaf trees.

Ion concentrations in the fogwater were higher than that in the precipitation deposition. In two of the 18 sampling records, the net precipitation (throughfall + stemflow) was higher than the precipitation deposition, suggesting a significant amount of fog interception deposition. The high ion contents and the high deposition rates together indicate that fog might play an important role in nutrients and hydrological cycling at this mountainous site. The fogwater chemistry presented a vertical spatial variation from above the canopy down to the ground level, which might be explained by the different filtering efficiency for different fog droplet size in the canopy. The ground particles might also modify the fogwater chemistry at the ground level.

Keywords: atmospheric deposition, *Chamaecyparis obtuse* var. *formosensis*, fog, stemflow, throughfall, Yunayang Lake.

## 摘要

本研究藉由收集大氣沈降的方式，以瞭解棲蘭山區的台灣扁柏森林生態系大氣養分之輸入概況，並探討雲霧的化學組成與物理、化學性質之時空變異。

本區的降雨情形於夏天時受颱風影響極大，秋天、冬初的沈降量又比入冬後、春天時高。穿落水量與幹流水量皆與重力沈降量有正相關，此兩者佔重力沈降量之比例分別為 84.2% 與 3.2%。穿落水的比例與其它雲霧森林比較，相近於 Colombia 與 Philippines；較高於 Panama、Venezuela、New Guinea 及 Tanzania；較低於 Honduras、Jamaica 與 Puerto Rico。幹流水的比例則較相近於一般的針葉林與闊葉林，而較高於熱帶山地雨林與熱帶乾燥林，低於灌木林。

穿落水與幹流水的化學組成受到乾沈降、樹冠層淋洗作用、附生植物、微生物活動影響，與重力沈降有差異。各種離子中，除氫離子藉幹流水攜帶輸入所佔的比例較高外，其餘之離子與水分，95% 以上皆藉由穿落水輸入到森林內部的土壤。

當重力沈降進入森林內部後，以輸入量而言，水分、氫離子、銨離子、硝酸根離子的量減少，以銨離子最為明顯。其餘離子的增加量則以鈉離子為最高，鉀離子則次之，其次依序為氯、鈣、硫酸根、鎂離子。

重力沈降、穿落水、幹流水的 pH 值、導電度、離子濃度與其水量的相關程度很低，除了可能是因取樣次數不夠多外，乾沈降、空氣中的懸浮粒子、雲霧沈降、降雨的持續時間與頻率、雨滴的粒徑與含水量，皆可能為重要的影響因素。

比較國內其它森林的研究結果發現，本研究區的乾沈降及酸沈降濃度，其相較於福山與關刀溪兩研究站是偏低的情形。而闊葉林的淋洗現象會比針葉林明顯，顯示闊葉樹比針葉樹更具酸沈降的中和能力。但也可能是針葉樹對氫離子的留存能力與其所淋洗釋放之有機酸的現象有關，也或許其所釋出之有機酸比闊葉樹更形明顯之故。

因為受雲霧的沈降的影響，有森林內部的水分沈降高於重力沈降的情形，且雲霧所含的各種離子濃度也都比重力沈降來的高。故推論本研究區之雲霧沈降所攜帶的水分與離子，可能在總輸入量上佔有很高的比例。而不同高度的雲霧有不同的化學組成，可能是受到地表粉塵、樹冠層本身與附生植物的截留、吸附所造成。

關鍵字：大氣沈降，台灣扁柏，霧，幹流水，穿落水，鴛鴦湖。

# 目錄

1. 前言.....	1
1.1 雲霧森林.....	1
1.2 生態系物質收支.....	3
1.3 大氣沉降.....	4
1.3.1 概述.....	4
1.3.2 穿落水、幹流水、截留流失.....	6
1.3.3 雲霧沉降.....	7
1.4 大氣沉降與植物體交互作用.....	8
1.5 國內研究.....	10
1.6 研究目的.....	11
2. 材料與方法.....	11
2.1 樣區.....	12
2.2 鴛鴦湖自然保留區.....	14
2.3 實驗設置.....	15
2.3.1 樣區設置.....	15
2.3.2 植被調查.....	16
2.3.3 氣象資料.....	17
2.3.4 重力沉降 (PD).....	17
2.3.5 穿落水 (TF).....	17
2.3.6 幹流水 (SF).....	17
2.3.7 雲霧沉降 (FG).....	18
2.4 分析.....	19
2.4.1 樣品處理.....	19
2.4.2 化學分析.....	19
2.4.3 流量計算.....	19
2.4.4 統計分析.....	20
3. 結果.....	21

3.1	植被.....	21
3.2	重力沈降、穿落水、幹流水之沈降量.....	24
3.3	雲霧之沈降量.....	28
3.4	重力沈降、穿落水、幹流水之化學組成.....	29
3.5	雲霧之化學組成.....	43
4.	討論.....	47
4.1	重力沈降、穿落水、幹流水之沈降量.....	47
4.2	雲霧之沈降量.....	48
4.3	重力沈降、穿落水、幹流水之化學組成.....	49
4.4	雲霧之化學組成.....	55
5.	結論.....	57
6.	致謝.....	57
7.	引用文獻.....	58
8.	附錄一 樹種名錄.....	68
9.	附錄二 植被調查結果.....	70
10.	附錄三 化學分析結果.....	103
10.1	重力沈降於各次採樣期間之離子濃度與水量。.....	103
10.2	穿落水於各次採樣期間之離子濃度與水量。.....	104
10.3	幹流水於各次採樣期間之離子濃度與水量。.....	105
10.4	樹冠層上方雲霧於各次採樣期間之離子濃度與重量。.....	106
10.5	枝下高雲霧於各次採樣期間之離子濃度與重量。.....	107
10.6	地面雲霧於各次採樣期間之離子濃度與重量。.....	108

## 圖目錄

圖 1 樣區位置圖。 .....	12
圖 2 樣區劃設圖。 .....	15
圖 3 植被調查區域圖。 .....	16
圖 4 雲霧收集器位置圖。 .....	18
圖 5 各水樣沈降量變化圖。 .....	25
圖 6 樹冠層水分收支變化與重力沈降、雲霧籠罩時數變化圖。 .....	25
圖 7 穿落水量與重力沈降量關係圖。 .....	26
圖 8 幹流量與重力沈降量關係圖。 .....	26
圖 9 三層不同高度雲霧量比較圖。 .....	28
圖 10 四種水樣之 pH 值變化圖。 .....	29
圖 11 pH 值、導電度與重力沈降量關係圖。 .....	30
圖 12 pH 值、導電度與穿落水量關係圖。 .....	30
圖 13 pH 值、導電度與幹流量關係圖。 .....	31
圖 14 重力沈降量與其所含陰陽離子濃度變化圖。 .....	34
圖 15 重力沈降量與氫離子輸入量變化圖。 .....	35
圖 16 重力沈降、穿落水、幹流水之各種離子輸入量變化圖。 .....	39
圖 17 三層不同高度雲霧的 pH 值變化圖。 .....	43
圖 18 三層不同高度雲霧之各離子濃度比較圖。 .....	44
圖 19 雲霧所含之各種離子濃度變化圖。 .....	45

## 表目錄

表 1	植被調查結果。 .....	22
表 2	植被指數表。 .....	23
表 3	各水樣之採樣次數與樣品總數。 .....	24
表 4	穿落水與幹流水沈降量比例表。 .....	27
表 5	重力沈降、穿落水與幹流水之化學組成比較。 .....	32
表 6	各離子濃度與重力沈降量之一次線性回歸方程式，及其決定係數。 .....	32
表 7	各離子濃度與穿落水量之一次線性回歸方程式，及其決定係數。 .....	33
表 8	各離子濃度與幹流水量之一次線性回歸方程式，及其決定係數。 .....	33
表 9	重力沈降之各離子輸入量。 .....	36
表 10	森林內部與重力沈降之水分及各離子輸入量之差值。 .....	37
表 11	穿落水與幹流水佔森林內部養分輸入量之比例。 .....	37
表 12	重力沈降之水量與各離子輸入量之變異係數。 .....	40
表 13	穿落水之水量與各離子輸入量之變異係數。 .....	41
表 14	幹流水之水量與各離子輸入量之變異係數。 .....	42
表 15	重力沈降與雲霧化學組成比較。 .....	46
表 16	本研究區、福山、關刀溪之重力沈降的各離子濃度比較。 .....	52
表 17	本研究區、福山、關刀溪之穿落水的各離子濃度與佔重力沈降量的比例比較。 .....	53
表 18	本研究區與關刀溪之幹流水的各離子濃度與佔重力沈降量的比例比較。 .....	55
表 19	本研究區與鴛鴦湖保留區雲霧化學組成比較。 .....	56

## 1. 前言

全球之生態系統 (ecosystem) 可分為陸域與水域兩部分。陸域生態系大致又可因氣候的差異而分成苔原 (tundra)、森林 (forest)、草原 (grassland)、疏林 (savanna)、沙漠 (desert) 等不同的類型。其中, 森林生態系因植被組成與氣候的差異而有北方針葉林 (boreal forest)、溫帶落葉林 (temperate forest)、常綠闊葉林 (evergreen broadleaf forest)、熱帶雨林 (tropical rainforest) 等。部分位於非洲、中南美、南亞、東南亞及太平洋上熱帶島嶼的森林生態系, 因為受地理位置與氣候的影響, 使雲霧籠罩的現象特別明顯, 學術界特稱此種森林為雲霧森林 (cloud forest, CF) 或熱帶山地雲霧森林 (tropical montane cloud forest, TMCF) (Hamilton *et al.*, 1994)。

### 1.1 雲霧森林

雖然世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 有明確地定義, 當水平能見度低於一千公尺時, 即稱為「有霧」。然而至今, 學術界對雲霧森林仍無一明確的定義與量化的標準。且對雲 (cloud) 與霧 (fog) 的定義也有著各樣不同的說法, 目前普遍認為, 接近地面的「雲」就稱為「霧」。但其間仍有些差異, 所以也有學者是使用顆粒大小或形成機制來區分此兩者 (Foster, 2001)。霧本身依形成機制的不同還可分成對流霧 (advective fog)、地形霧 (orographic fog) 與輻射霧 (radiation fog), 其化學組成也隨之不同 (Cereceda *et al.*, 2002)。

雲霧森林內的生物相具有一些重要的特徵: 一般除了植物種類組成會隨著海拔高度而有所改變外, 樹高也會因海拔的遞增而有逐漸矮小的趨勢, 此種現象在雲霧森林會更加地明顯, 且樹木會有更多的枝條、節數; 樹冠層會相似於雨傘的形狀 (umbrella-like crown)。此外, 葉面積指數 (leaf area index, LAI) 增高, 葉片也會變的較小、硬、厚。大量的附生植物 (epiphytic plant) 是雲霧森林的特色之一, 其中具維管束的附生植物包括蘭科 (orchidaceae)、鳳梨科 (bromeliaceae)、蕨類 (fern); 無維管束者有苔 (moss)、蘚 (liverwort)、地衣 (lichen) 等 (Foster, 2001)。

受雲霧的影響, 地表的蒸發量 (evaporation) 非常微小; 土壤也經常維持在高含水量的狀態 (Bruijnzeel and Proctor, 1994) 或可能因雲霧覆蓋程度的差異, 使得土壤的物理性質、微生物作用與化學反應有海拔上的梯度變化 (elevation gradient) (Lavoie and Bradley, 2003)。

在潮濕的熱帶山區，森林生態系從低海拔至高海拔可分為低地雨林（lowland rainforest, LRF）、低層山地雨林（lower montane rainforest, LMRF）、上層山地雨林（upper montane rainforest, UMRF）。造成此梯度形成的原因主要是由於雲霧的覆蓋頻率（cloud frequency）不同所致。相較之下，低地雨林的雲霧覆蓋頻率最少，其次為下層山地雨林，最多者為上層山地雨林，而一般所謂的雲霧森林大都是指後兩者（Foster, 2001）。所以，在許多文獻中，研究學者大都是將較高海拔的雨林歸為雲霧森林（Hamilton *et al.*, 1994）。而全球各地的雲霧森林受氣候差異與地理位置影響，年雨量變化極大，可從 500 公釐到 10,000 公釐（Hamilton *et al.*, 1994）。

隨著國家、地區的不同，對雲霧帶森林都有不同的稱呼：在英文，大都使用 dwarf forest、elfin woodlands、mossy forest、montane forest 及 thicket；西班牙文則為 nuboselva、bosque（montano）nubuloso 與 selva nublada；在法國使用 forêt nêphêliphile 和 forêt de nuage，而 Nebelwald 及 Wolkenwald 則為德文的稱呼。雖然各地的語言不盡相同，但這些詞彙都是用以形容“永久、長時或季節性被雲霧籠罩的森林”。一般在文獻中較為常用或常見的字眼為：雲霧森林及熱帶山地雲霧森林。其全球分佈範圍主要集中在：非洲、中南美、南亞、東南亞及太平洋上的一些熱帶島嶼（Hamilton *et al.*, 1994）。

受空氣的含水量、風速風向、距海遠近、地形地勢與大山塊加熱效應（massenerhebung effect）的影響，造成森林內雲霧的形成方式、雲霧的來源、雲霧出現的海拔高度與雲霧的覆蓋頻率有不同程度的差別（Foster, 2001）。所謂的大山塊加熱效應是指：大山塊相較於小山塊有較大的體積，吸放熱的速度也相對較慢。所以，當一團水分飽和的暖空氣，藉風力由平地或海面飄移至較高海拔的地區或山塊時，由於大山塊隨海拔上升使溫度遞減的速度較為緩慢，以致於需要達更高的海拔高度，才有足夠的低溫使水分飽和的暖空氣達凝結點而形成雲霧。是故，體積較大的山塊，其雲霧森林出現的海拔高度會比體積較小的山塊來的高。而較靠近海邊的小山塊之雲霧森林分佈的海拔範圍也會比內陸地區來的低，則是因空氣中含水量較多所致（Flenly, 1994）。

Błaś *et al.*（2002）利用地理資訊系統（geographic information system, GIS）的方式，探討造成山區雲霧籠罩頻率差異的原因。其結果指出，波蘭的 Western Sudety Mts. 內，其各山區雲霧的發生具有日與季節性的變化；並發現其主要是受方位（aspect）與地形地勢影響所致，海拔高度所造成影響則未及前兩者來的顯著。但此現象是隨著地區而有差異，如在德國的 Eastern Erzgebirge，其雲霧的覆蓋頻率，則深受海拔高度的影響（Zimmermann and Zimmermann, 2002）。

## 1.2 生態系物質收支

一個生態系由外界獲得水、營養鹽與任何其它物質稱為輸入 (input)，反之為輸出 (output) 這些物質是藉由氣象的 (meteorologic) 地理的 (geologic) 與生物的 (biologic) 三種方式來傳遞或運送。氣象方面為雨、雲霧、雪中的物質、藉風力飄浮的顆粒懸浮物 (particulate matter)、膠體粒子 (aerosols) 及各種氣體 (gas)。岩石的風化 (weathering) 與河水逕流所攜帶之溶解性物質與顆粒懸浮物則屬於地理方面。生物方面則是因個體在不同生態系間的遷移 (migration) 所造成 (Likens and Bormann, 1995)。

目前國外已有許多相關於生態系營養循環的研究，其中較為著名的如 Hubbard Brook Experimental Forest (HBEF, New Hampshire, 43°56'N, 71°45'W) 集水區 (watershed)。此集水區並非雲霧森林，且其氣候與本研究樣區不甚相似，但 Likens 與 Bormann 等諸位學者於此所進行的研究甚為長期、完整，故於此針對其與本實驗相關部分提出加以探討。

此集水區位於美國 New Hampshire 州 White Mountain National Forest 境內，離大西洋僅 116 公里，為一個 3,160 公頃的森林保留地。海拔高度 222 至 1,015 公尺，屬於潮濕型大陸性氣候，夏季短暫而涼爽，冬季長且濕冷。該試驗地成立於 1955 年，專供集水區經營及溪流生態系長期試驗研究使用。研究人員在此集水區測得樣區內之大氣沈降量與化學組成、河水逕流量與化學組成、蒸發散量、土壤深層滲流 (deep seepage)、土壤內物質組成變化、岩石風化、酸沈降等，進而探討樣區內的水文循環 (hydrological cycle) 與營養鹽收支 (nutrient budgets) 的情形 (Likens and Bormann, 1995)。

他們假設集水區內的環境是均質的；生物在此區的進出 (into and out of) 隨機發生，故其輸入與輸出的量是處於動態平衡、可相互抵消。經由前人的探勘得知，此集水區的地質是屬於不可滲透性的岩盤 (impermeable bedrock)，故無地理方面的輸出與輸入。由於氣候潮濕與風速低，使物質藉由氣象方式輸出所占的比例極微。所以整個集水區的輸出便幾全為河水的逕流與蒸發散作用；輸入則幾全靠外界大氣的沈降。

依據此集水區的降雨情況、土壤含水量、融雪量與河水逕流量等因子，以 12 個月為一個週期，劃定出降水年份 (water year)；即為每年的 6 月 1 日至隔年的 5 月 31 日。以此時間單位，將量水堰 (stream gaging weir) 測量出的河水逕流量與大氣沈降量做一比較後，可計算出每個降水年份此樣區內的總蒸發散量。將所有陰陽離子的量 ( $H^+$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NH_4^+$ ； $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $PO_4^{3-}$ )、溶解性無機物總量 (total dissolved inorganic substances) 與大氣的沈降量做一比較，可得知這些物質的輸入量會隨著大氣

沈降量的多寡，而隨之產生相對性的波動；同時也可計算各種不同營養鹽的收支狀況。他們發現，各種營養鹽之所以會呈現不同的收支，主要是受沈降量、生物利用與氣候變化所影響（Likens and Bormann, 1995）。

藉由長期的調查結果，他們認為生態系是一個開放（open）的系統，水分與營養鹽會不斷地在各生態系邊界（boundaries）間流動與各組成份子（components）間循環，而欲瞭解整個森林生態系統的結構與功能，是需要非常長期的監測。大氣沈降除會受到地理與氣候等環境因子影響外；人類活動所產生的物質也是一項重要因素。大氣沈降所攜帶的物質是森林許多營養鹽輸入的重要來源，提供了森林內植物的成長所需。對於由大氣所沈降的氫離子、氮、硫、磷與一些重金屬，森林扮演了一個過濾（filter）的角色，也就是它能緩衝其對生態系所造成的衝擊。但長期下來，這些污染物可能會對森林造成一些不良的影響（Likens and Bormann, 1995）。

### 1.3 大氣沈降

研究森林生態系的養分循環（nutrient cycle）時，會假設整個生態系的環境是均質的（homogeneous）。故生物的移動是處於動態平衡，而地理方面的輸入為岩石的風化。但岩石的風化是非常遲緩的過程，且不易測量，一般即忽略不計，所以營養鹽之輸入大都靠外界大氣的沈降。

#### 1.3.1 概述

大氣沈降依沈降型態分為濕沈降（wet deposition）與乾沈降（dry deposition），濕沈降包含霧、露、雨、雪、冰雹；乾沈降為氣體、顆粒懸浮物、膠體粒子等。而本研究則依沈降方式將大氣沈降分為重力沈降（precipitation deposition, PD or gravitational settling）及截留沈降（interception deposition, ID）兩種（Matzner, 1989）。

雨、雪、固體顆粒等受重力作用而沈降者，即為重力沈降；大氣中的物質受大氣的擾動（turbulent movement）且被植被截留而沈降者，稱為截留沈降，包括顆粒懸浮物及雲霧沈降（cloud or fog deposition, CD）。截留沈降亦稱水平沈降（horizontal deposition, HD），其量的多寡決定於植被型態與氣候因子。植被型態包含植被高度、樹冠層大小與結構、生物量（biomass）、葉片與附生植物的物理性質與排列方式（arrangement）；氣候方面包括空氣中的含水量、水滴大小、風速、風向、溫度等，所以隨地理位置不同，截留沈降量也會有明顯的差異（Bruijnzeel and Proctor, 1994; Nieminen *et al.*, 1999）。

在年雨量較高或雨季時，截留沈降量會相對地比較少，但兩者間並無直接的負相關；且在內陸地區的截留沈降量會比海岸區來的少，主要是因為海邊的風速較快、水氣含量也較多的緣故（Bruijnzeel and Proctor, 1994）。藉此兩種方式攜帶的水分沈降於森林內時，接觸樹冠層後再降至地面的稱為穿落水（throughfall, TF）；沿樹木主幹流至地表者為幹流水（stemflow, SF）；只停留於樹冠層或其它體表，並未到達地面，且再蒸發回大氣者，稱為截留（interception）（Klaassen *et al.*, 1996）或截留流失（interception loss, IL）。

依上述，藉重力沈降與截留沈降所攜帶的水分，經樹冠層輸入到森林內部，但尚未到達土壤時，其間收支的平衡式可列成：

$$PD + ID = TF + SF + IL \quad (\text{公式一})$$

其中，重力沈降（PD）、穿落水（TF）與幹流水（SF）三者可直接以儀器或裝置收集後，測量其沈降量。而截留沈降（ID）部分，其量化的難度較高，且方法各異，大都需以較精密之儀器分析或數學模式來求得其沈降量（Demoz *et al.*, 1996; Kasahara *et al.*, 2003; Krupa, 2002; Lovett, 1984）。求得前四者之後，便可依公式一之平衡式，求出截留流失量（IL）的多寡。

藉由收集大氣沈降的方式，是瞭解森林內的水分與營養鹽沈降狀況最直接的方式。故許多研究學者藉由收集大氣沈降的方式來瞭解森林內的水分與營養鹽的沈降情形（Butler and Likens, 1995; Campbell *et al.*, 2000; Cavelier *et al.*, 1997; Clark *et al.*, 1998a; Fenn and Bytnerowicz, 1997; Lindberg *et al.*, 1986; McKee and Eyre, 2000; Potter *et al.*, 1991; Reynolds, 1996; Rodà *et al.*, 2002; Rodrigo *et al.*, 2003）。

也有學者進一步估測生態系的輸出量，以計算生態系的營養鹽收支狀況（Likens and Bormann, 1995; Liu *et al.*, 2003; McKee and Eyre, 2000; McDonald and Healey, 2000; Stoorvogel *et al.*, 1997）。除此，近年來由於人為的活動，影響生態系氮循環過程（Matson *et al.*, 1999），並造成重金屬污染（Nieminen *et al.*, 1999）和酸雨（acid rain）的問題日漸嚴重（Hara, 1998），故部分學者也著手利用收集大氣沈降的方式，來探討酸沈降（acidic precipitation）對生態系的影響（Balestrini and Tagliaferri, 2001; Fenn and Kiefer, 1999; HouBao *et al.*, 1999; Singer *et al.*, 1996）與林業經營策略（Adams *et al.*, 2000）。

除雨水外，酸霧（acid fog）對森林內的植物同樣也會造成相當程度的危害（Igawa

*et al.*, 2002), 並可能影響到森林內土壤的物理性質、微生物作用與化學反應( Lavoie and Bradley, 2003)。所以霧的酸化也是部分學者重視, 並致力觀測的一個現象( Collett Jr. *et al.*, 2002; Fisak *et al.*, 2002; Minami and Ishizaka, 1996; Urquizo *et al.*, 2003)。

除此, 也可藉由分析雲霧中的有機物, 來作為判斷其主要來源之一項重要指標( Herckes *et al.*, 2002b)。而要能足夠瞭解人為活動所釋放到大氣中的物質, 在隨時間的累積之下, 對霧水的化學組成所造成的影響程度, 是需長期的觀測與分析( Herckes *et al.*, 2002a)。

### 1.3.2 穿落水、幹流水、截留流失

穿落水與幹流水的量與化學組成受降雨量、乾沈降、氣候、季節、附生植物、微生物、植被種類、樹冠層結構、樹幹斷面積與植物生長週期影響, 而不同的森林, 也會有不同的沈降水量( Aboal *et al.*, 2002; Levia Jr., 2003; Levia Jr. and Frost, 2003; Michopoulos *et al.*, 2001)。

也因接觸過植物體表面, 有一部分水分與離子被植物體直接吸收利用、留存( retention), 溶解、攜帶植物體表的乾沈降或把體內的物質淋洗( leaching) 出來, 故穿落水與幹流水之量、化學組成與重力沈降有相當大的差異( Balestrini *et al.*, 1998; Balestrini and Tagliaferri, 2001; Fan and Hong, 2001; Farrell *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2003; Nieminen *et al.*, 1999; Prakasa Rao *et al.*, 1995; Veneklaas, 1990)。

在相同的氣候、地理條件下, Aboal *et al.* (2000) 比較不同疏伐( thinning) 程度之森林內的穿落水量, 發現其明顯受植物葉面積指數、胸高斷面積( basal area, BA) 與樹高影響。而在同一座森林內, 穿落水量與離子濃度在各取樣點間呈現出極大的空間變異( Lawrence and Fernandez, 1993; Lin *et al.*, 1997)。Hansen (1996) 則發現, 即使是同種植物, 穿落水也會因生長週期、距離樹幹遠近、位於樹冠層不同高度, 而有不同的量與化學組成。

幹流量與化學組成除了因樹種不同呈現明顯的差別外( Farrell *et al.*, 2003; Singer *et al.*, 1996), 氣候也是一項重要的因素( Levia Jr., 2003)。而同一種植物會因其死亡與否, 而對大氣沈降有不同的截留能力, 造成幹流水的化學組成不同, 再進而影響到其樹皮上地衣種類的組成有所差異( Hauck *et al.*, 2002)。樹幹周圍土壤之化學組成與物理特性, 也受幹流水( Chang, 1999; Levia Jr. and Frost, 2003) 與穿落水( Moffat *et al.*, 2002) 的化學性質所影響。

截留流失量的多寡取決於植被型態與降雨特性。Asdak *et al.* (1998) 在印尼的 Central Kalimantan 熱帶雨林內，藉由比較經伐採 (logged) 與未經伐採 (unlogged) 的森林，判斷其量的多寡是取決於樹冠層的結構。Zimmermann *et al.* (1999) 在德國的 Ore Mountains 研究認為，受到葉面積指數與雲霧沈降的影響，而使得不同地區的截留流失量有所差異。此外，大氣的濕度、風速、樹冠層的儲水能力 (water storage capacity)、森林密度與區塊 (patch) 之分佈，也都會影響到截留流失量的多寡 (Klaassen *et al.*, 1996)。

### 1.3.3 雲霧沈降

全球各地的雲霧森林受氣候差異與地理位置影響，年雨量變化極大，可從 500 公釐到 10,000 公釐 (Hamilton *et al.*, 1994)。由雲霧所攜帶進入森林內的水分，與總輸入量相較，佔有極高的比例 (Chang *et al.*, 2002; Dawson, 1998; Ingraham and Mathews, 1995; Schellekens *et al.*, 1998; Weathers, 1999)。

雲霧森林之溪流量 (streamflow) 與年雨量的比值相較於一般的熱帶森林，會擁有較高的值，主要是因為雲霧森林比其它的森林多了雲霧沈降來成為其水分輸入的來源；以及受雲霧影響，使總蒸發散量 (evapotranspiration) 較少之故，但隨地區與植被的差異而有所不同。但雲霧並非只會在山區發生，除森林外，在 Namibia 的沙漠區內，雲霧在內陸的沈降量為雨水的二倍；而在海邊，雲霧的沈降量可達雨水的七倍之多。此自然現象造就了當地居民直接以大型的雲霧收集網來收集雲霧水，成為此區重要的水分來源，以供生活與工業之用 (Shanyengana *et al.*, 2002)。

學者 Dawson (1998) 於其研究報告中指出，以美國加州的紅木林 (redwood) 為例，由雲霧所攜帶沈降於森林內部的水量高達每年總沈降量 (雨 + 雲霧) 的三分之一，且森林內的植物所需的水分有 13% - 45% 是依賴於雲霧。他同時也發現，愈是小型的樹木愈是仰賴這些由雲霧所攜帶的水分。

國外許多研究報告指出，雲霧所含的無機離子濃度會高於重力沈降 (Acker *et al.*, 1998; Anderson *et al.*, 1999; Bridges *et al.*, 2002; Clark *et al.*, 1998b; Dawson, 1998; Heath and Huebert, 1999; Igawa *et al.*, 2002; Reynolds *et al.*, 1996; Thalmann *et al.*, 2002; Weathers, 1999; Weathers *et al.*, 2000; Zimmermann and Zimmermann, 2002)。而國內中央研究院植物所在鴛鴦湖保留區內研究發現，經由雲霧攜帶進入森林內的各種無機離子與雨水相較之下，也都擁有較高的濃度 (Chang *et al.*, 2002)。

Fuzzi *et al.* (2002) 在義大利北部的 Po Valley 分析雲霧的化學組成，發現其所含的溶質中，無機離子與水溶性有機物 (water soluble organic compounds) 分別各佔了 76% 與 24%，而酸性化合物 (acidic compounds) 又佔了後者的 60%。

Herckes *et al.* (2002b) 於美國加州的 Davis 研究發現，雲霧中所含的高分子量有機物大部分都不溶於水；分子量較低者，大都是成水溶性狀態的極性化合物 (polar compounds)。除人為產生的有機物外，細菌與真菌的孢子也是其碳化合物的來源之一 (Bauer *et al.*, 2002)。

而雲霧所含之高濃度的溶解性有機氮 (dissolve organic nitrogen) 也是微生物與植物重要的氮源，對於美國加州境內 Central Valley 生態系的氮循環扮演了一個重要的角色 (Zhang and Anastasio, 2001)。

雲霧所攜帶的離子濃度與其水含量 (liquid water content) 呈現反比的關係 (Elbert *et al.*, 2000)。所以在相同的區域，造成不同海拔高度的雲霧會有不同的離子濃度的原因在於，雲霧的水含量會隨海拔高度的上升而遞增，稀釋作用使得較高海拔的雲霧會有較低的離子濃度 (Fisak *et al.*, 2002)。

Weathers *et al.* (1995) 於美國紐約州境內的 Hunter Mt. 研究發現，雲霧由森林邊緣 (edge) 進入到內部 (interior) 時，由於受風速、風向的影響，其所沈降的水量有明顯呈線性遞減的趨勢。再比較其它實驗的結果指出，有部分森林的鈉離子沈降量會呈現出線性或指數型的遞減。

Collett Jr. *et al.* (1999) 與 Schemenauer *et al.* (1995) 分別在美國加州境內的 San Joaquin Valley 與加拿大的 Quebec 境內皆發現，雲霧的化學組成受到區位、海拔、顆粒大小 (drop size) 影響，而在時間與空間尺度上，呈現出不同的差異。即使是彼此相鄰的區域，也會因季節風向的不同，而使雲霧來自於不同的地方，造成雲霧的化學組成有時空上的變化 (Fisak *et al.*, 2002; Wrzesinsky and Klemm, 2000; Zimmermann and Zimmermann, 2002)。

#### 1.4 大氣沈降與植物體交互作用

大氣沈降的水分進入森林內時，其所含的陰陽離子會與樹冠層產生交互作用，其過程為一連串的離子交換反應。不同離子的淋洗與留存情形的程度不盡相同 (Clark *et al.*, 1998a; Draaijers *et al.*, 1997)，彼此間還會互相影響 (Stachurski and Zimka, 2002)，並因降雨量多寡而有不同的淋洗情形 (Aboal *et al.*, 2002)。而在較接近人類活動區域的森

林，相較於山谷中遮蔽 ( sheltered ) 或較遠離城市的森林，藉大氣沈降輸入的物質會有較多的現象 ( Fan and Hong, 2001; Rodà *et al.*, 2002; Rodrigo *et al.*, 2003 )。

受植物體本身生理因素所致，鉀離子因與細胞的滲透壓調節有關，所以在細胞內的通透性較強，也少有其它蛋白質與之結合。故特別容易被水中的氫離子置換出來，再隨水的沖刷而被攜帶出植物體外 ( Aboal *et al.*, 2002; Balestrini and Tagliaferri, 2001; Draaijers *et al.*, 1997; Nieminen *et al.*, 1999; Stachurski and Zimka, 2002 )，此現象尤其在植物的生長季時特別地明顯 ( Michopoulos *et al.*, 2001 )。

鈣離子與鎂離子雖也會受雨水或霧水的影響，經由氫離子或銨離子的置換而淋洗出植物體外 ( Stachurski and Zimka, 2002 )，但鈣離子是與細胞膜上蛋白質鍵結的原子，藉以控制細胞膜的通透性；鎂離子則主要是葉綠素的中心原子，故此兩者相較於鉀離子皆較不易被淋洗出體表 ( Hansen, 1996 )。但受大量硝酸根離子沈降之影響下，鈣離子、鎂離子相對於鉀離子而言，卻會較易被淋洗出體外，然此現象並不明顯 ( Igawa *et al.*, 2002 )。

鈣離子的來源大部分都自於乾沈降 ( Nieminen *et al.*, 1999; Rodrigo *et al.*, 2003 )、岩石風化作用 ( Liu *et al.*, 2003 ) 和建築、道路的施工；鎂離子除受海洋影響外，粉塵、岩石風化 ( Armbruster *et al.*, 2002 ) 及乾沈降 ( Nieminen *et al.*, 1999; Rodrigo *et al.*, 2003 ) 也是重要的來源之一。

鈉離子與氯離子大都來自海洋 ( Farrell *et al.*, 1998; Michopoulos *et al.*, 2001; Rodrigo *et al.*, 2003 )，且不被植物所利用。自然界中的硫酸根離子來源為火山 ( Veneklaas, 1990 ) 或海洋 ( Fenn and Kiefer, 1999 )；人為來源則為冶煉工廠 ( Nieminen *et al.*, 1999 ) 與工業排放 ( Fenn and Kiefer, 1999 )，其常藉由濕沈降的形式沈降或以乾沈降形式被植物體截留 ( Aboal *et al.*, 2002 )。硫酸根離子除少部分以氣體的形式由氣孔進入植物體外，大部分仍經由植物根部吸收，故其與鈉離子、氯離子在重力沈降中的含量與穿落水、幹流水較無明顯的差別 ( Draaijers *et al.*, 1997; Stachurski and Zimka, 2002 )。

硝酸根離子與銨離子非常容易被葉子直接吸收 ( Michopoulos *et al.*, 2001; Stachurski and Zimka, 2002 )，特別是在較年輕的森林 ( Fan and Hong, 2001 )。而銨離子容易被氫離子置換出體外，且沈降量與硫酸根離子有極大的相關 ( Stachurski and Zimka, 2002 )。人類活動所產生的硝酸根離子與銨離子大都為冶煉工廠 ( Nieminen *et al.*, 1999 ) 農業施肥、石化燃料 ( Fenn and Kiefer, 1999; Matson *et al.*, 1999 ) 或生物質 ( biomass ) ( Clark *et al.*, 1998a ) 的燃燒，並可以乾沈降 ( Aboal *et al.*, 2002; Balestrini and Tagliaferri,

2001) 或濕沉降 (Michopoulos *et al.*, 2001) 的形式被植物體截留於樹冠層。

藉由收集大氣沉降的方式，是瞭解森林內的水分與營養鹽沉降狀況最直接的方式。Draaijers *et al.* (1997) 比較了數種不同研究方法來測量、估算淋洗作用與植物體吸收所造成的差異，認為各方法間有其優缺點，並受資料累積的多寡、植物生長週期、氣候條件等因素的限制，故會呈現出不同的研究結果。所以研究者以不同的研究設備來收集其所需樣品時，往往造成往後分析的結果會有差別，即是因其設計與效率上的不同所致 (Krupa, 2002)。

## 1.5 國內研究

我國學術界為呼應全球生物學家對生物歧異度與生態複雜度研究之重視，於 1991 年 2 月舉行全國第四屆科技會議時，將「生物歧異度與生態系研究」列為未來國科會生命科學新領域研究的重點。於此，行政院國家科學委員會便在 1992 年與各大學、研究機構及國家公園管理處合作，創設了臺灣生態研究網計畫 (Taiwan Ecological Research Network, TERN)。

目前這些長期生態研究站中，福山、關刀溪與鴛鴦湖三座研究站各有數篇相關於生態系養分循環的研究。關刀溪研究站曾有學者比較過不同森林內，重力沉降、穿落水、幹流水、土壤水及溪水中所含的溶解性有機碳 (dissolved organic carbon, DOC) 與重力沉降、穿落水、幹流水的化學組成差異 (劉瓊霏和許博行, 1997; 劉瓊霏和許博行, 1999; Liu and Sheu, 2003) 鴛鴦湖則有雲霧的沉降量 化學組成分析 (Chang *et al.*, 2002) 及土壤的化學組成與分佈 (Chen and Chiu, 2000; Chiu *et al.*, 1999a; Chiu *et al.*, 1999b)。

但生態系養分循環相關性的研究，現今以福山所進行的研究較為完善，且與本樣區相距不遠；氣候類型相似，故於此提出加以探討。福山試驗林位於台北縣烏來鄉福山村及宜蘭縣員山鄉湖西村交界處 (24°34'N, 121°34'E)，為雪山山脈支稜所環抱的盆地，海拔高度 670-1,100 公尺。此區夏季有西南氣流；暖熱潮濕，冬季受東北季風影響；潮濕多雨 (Lin *et al.*, 1997)。自 1988 到 1998 年間，平均年雨量為 3,363 公釐；年平均溫為 18℃；平均相對濕度為 93% (陸象豫等, 2000)。此區土壤母質以變質岩為主，為紅色硬質岩與板岩兩種；土壤 pH 值為 3.8-5.0 (林光清等, 1996)。

此區長期以來進行的研究包括了重力沉降、穿落水的化學組成與沉降量之時空變異 (Lin *et al.*, 1997; Lin *et al.*, 2000)、坡地逕流路徑研究 (夏禹九等, 1996)、土壤養分的儲存與季節變動 (洪富文和程煒兒, 1996)、枯枝落葉分解與氮動態變化 (林國銓,

1997；林國銓等，2002）、及土壤氮之礦物化（mineralization）與硝化（nitrification）作用（Owen *et al.*, 2003）。Lin *et al.*（2000）曾於福山一號集水區進行重力沈降與穿落水的化學組成分析，他指出福山一號集水區內除氫離子外，其餘離子的濃度皆是穿落水高於重力沈降，造成此現象的主要原因在於：雨水經過樹冠層時，與植物體表面發生了交互作用之故。

相較於國外，國內相關於森林生態系大氣養分輸入及雲霧之研究非常缺乏，故探討此森林生態系大氣養分輸入概況與雲霧的化學組成及物理、化學性質之時空差異，即成為本研究著重課題之一。

## 1.6 研究目的

台灣島位於北迴歸線上，是個兼具熱帶與亞熱帶氣候的海島，受海洋影響深遠。週期性的季風、受板塊擠壓形成的地形地勢，使得台灣境內的高山林立、季節變化相當明顯，造就了許多特殊的生態環境與生物。

台灣島的森林面積達總面積的 58%（陸象豫等，2000），受地理位置、地形地勢、季風等影響，部分森林因具有長期雲霧籠罩的現象，而成為雲霧森林。但國內學術界卻鮮少對此類型的森林生態系進行詳細之物質輸入與輸出的研究，雲霧對森林所造成的影響也尚未明確。

本研究進行的樣區位於宜蘭縣的棲蘭山區，此區的森林即為典型之雲霧森林，國內除中央研究院植物所曾在此區附近的鴛鴦湖保留區對雲霧進行過初步的雲霧沈降估算與雲霧化學分析外（Chang *et al.*, 2002），至今鮮少有相關於大氣養分輸入或進一步探討雲霧沈降的研究發表。

故本研究進行之目的在於：探討此區之雲霧森林生態系大氣養分與水分之輸入的情形，比較重力沈降、穿落水、幹流水之間的化學組成差異。並瞭解雲霧的化學組成與物理、化學性質之時空變異，進而推論雲霧沈降所攜帶的水分與無機離子對此森林生態系可能造成的影響。

## 2. 材料與方法

基於研究進行的方便性與資料調查的需求，故本研究於宜蘭縣的棲蘭山區，選擇一處地勢平坦的台灣扁柏（*Chamaecyparis obtuse* var. *formosensis*）天然下種更新林作為研究區。

目前全世界相關於大氣沈降量的估算、取樣、保存、分析等，因研究目的之不同，有各式各樣的方法與儀器（Demoz *et al.*, 1996; Kasahara *et al.*, 2003; Krupa, 2002; Lovett, 1984），對精確性的要求也隨目的不同而有差異（Draaijers *et al.*, 1996）。若研究者以不同的研究設備來收集其所需樣品時，可能會因其設計與效率上的不同，而造成往後分析的結果會有差別（Krupa, 2002）。

而本論文依前人研究方法與實驗所需，並以利後續研究之比較，所有氣象資料與各種水樣的取樣、保存與分析方法則詳細分述如下：

## 2.1 樣區

本研究區位於雪山山脈北段的棲蘭山區，屬於蘭陽溪支流的石頭溪集水區，海拔高度約為 1,670 公尺。本研究區距鴛鴦湖自然保留區約 2 公里；位於 100 號林道 14.5 公里南方處（ $24^{\circ}35'N$ ,  $121^{\circ}25'E$ ）；範圍為 100 公尺  $\times$  100 公尺，四邊分別朝正東、正西、正南、正北（圖 1）。

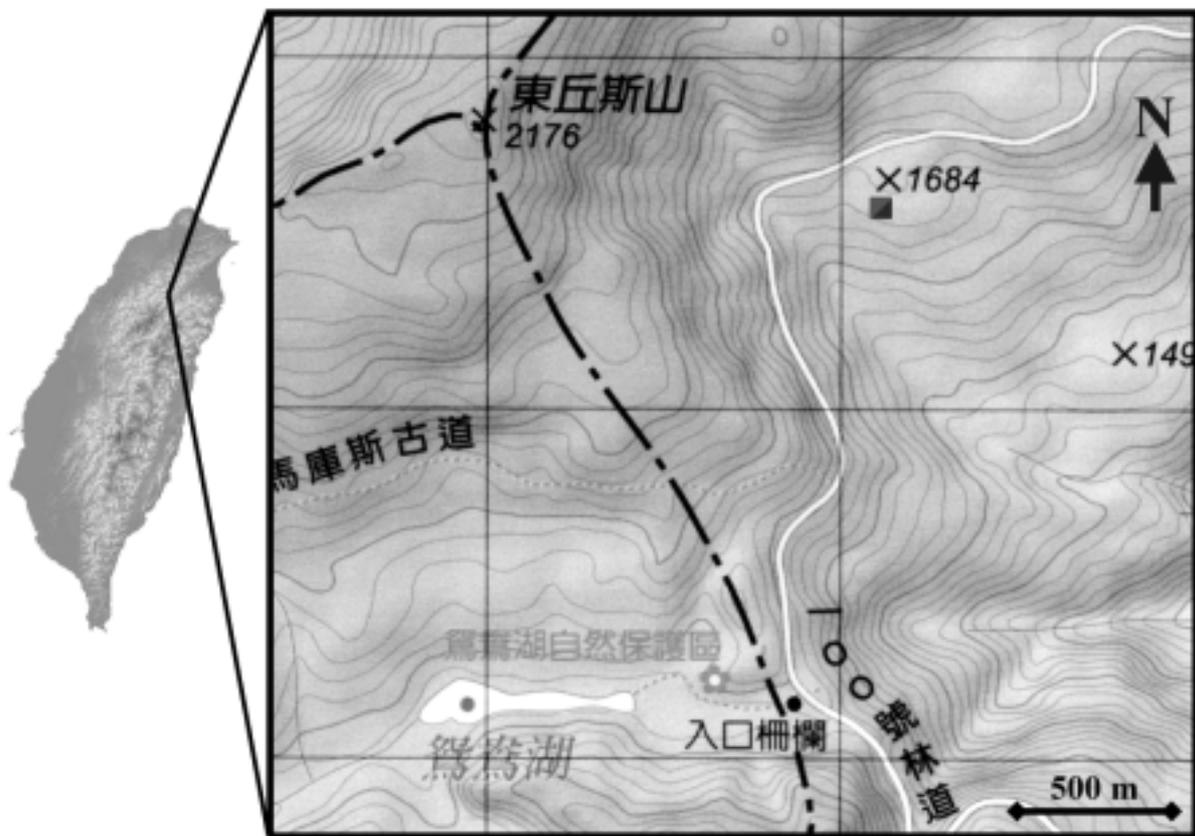


圖 1 樣區位置圖。圖中實心方塊區域即為本研究區位置，面積為 1 公頃。

此區屬林務局羅東林區管理處，太平山事業區 32 林班地，為台灣扁柏天然下種更新林。故植被類型是以台灣扁柏為主要優勢種，樹齡分佈在 10-50 年間，林務局目前將其劃設為永久保存林區。所謂天然下種更新意指，利用天然林本身的自然力量，配以現今的人工育林技術，使森林能完成更新過程的一種方法，用意在於育成目標樹種的再生林（彭令豐，1988）。

台灣一般所稱的檜木即為台灣扁柏與紅檜（*Chamaecyparis formosensis* Matsum.）兩種。兩者皆屬於裸子植物（gymnospermae），在分類地位上均為顯花植物（phanerogams），柏科（Cupressaceae），扁柏屬（*Chamaecyparis* Spach），開球狀花（strobilus），果為球果（cone）（Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 1994）。此屬植物極具經濟價值，目前在世界上只有七種，除美國東部的一種外，其餘六種都只分佈於太平洋東西兩岸的部分地區。

除台灣的台灣扁柏與紅檜兩種外；在美國有三種，分別為羅生氏扁柏（*Chamaecyparis lawsoniana*）、拿加遜扁柏（*Chamaecyparis nootkatensis*）與側柏葉扁柏（*Chamaecyparis thyoides*）；日本則有兩種，分別為日本扁柏（*Chamaecyparis obtusa*）與花柏（*Chamaecyparis pisifera*）。

台灣扁柏俗稱黃檜或厚殼仔，目前大都認為是日本扁柏的變種。分佈於本島海拔 1,300-2,800 公尺的北部與中部山區，常形成純林或與紅檜混生。為常綠大喬木，高度可達 40 公尺，胸高徑可達 3 公尺。樹皮棕褐色至灰紅色，縱向淺裂或長條剝落。大枝密生而平展，小枝扁平。葉對生，先端略鈍形，黃綠色，鱗片狀，向地一側之葉間白粉甚少，中葉橫斷面盤形，中肋表面突起，背面凹下，側葉鈍三角形，表面中肋稍隆起。雌球花直徑 2-3 公釐，花鱗數 8-10，各對成十字形對生，盾狀。其中最上方與最下方的一對常有不生胚珠的現象，而最後一對花鱗中央有一退化的小生長點突起。毬果球形，徑 10-11 公釐，成熟時呈黃褐色。每果鱗具種子 2-5 粒，種子具狹翅，徑約 4 公釐（Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 1994；李學勇，1988）。

而紅檜俗稱薄皮仔，高度可達 65 公尺，胸高徑可達 6.5 公尺。分佈於本島海拔 1,000-2,900 公尺的北部與中部山區，常形成純林或與台灣扁柏混生。其外表與台灣扁柏非常相似，主要是以雌性生殖器官與台灣扁柏進行區分。兩者雌球花直徑相近，且花鱗皆成十字形對生，但紅檜的花鱗數為 7 或 8 對，毬果長 10-12 公釐；寬 8-9 公釐，果鱗數則為 10-13，種子也具狹翅，但徑略短，約 3 公釐（Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 1994；李學勇，1988）。

## 2.2 鴛鴦湖自然保留區

鴛鴦湖自然保留區地處台灣東北部；雪山山脈北段。列於雪白山主峰、唐穗山、四周山之間，西丘斯山之側；新竹尖石鄉、桃園復興鄉與宜蘭大同鄉交界處（24°35'N, 121°24'E）。海拔 1,650 - 2,432 公尺，總面積 374 公頃，湖面周圍沼澤地為 2.2 公頃，湖面面積為 3.6 公頃，是一個狹長形的內陸湖。湖面東西長 585 公尺，最大寬度 135 公尺，中間最窄處只有 20 公尺。

為保護原始高山湖泊生態及當地物種，於 1986 年，農委會將之公告為「鴛鴦湖自然保留區」，由行政院退除役官兵輔導委員會森林保育處負責管理，一般民眾不得進入。國科會也在 1994 年時，將此區列入「台灣長期生態研究計畫」中，成為台灣長期生態研究站之一，用以研究台灣中海拔之森林生態系。

此保留區從 1993 到 2000 年的年均溫為 13 ；年雨量因受颱風影響，變化極大，範圍從不到 2,000 公釐到 5,000 公釐不等。夏季的雨水大都來自地形雨及颱風；冬季則為東北季風，全年並無明顯的乾濕季之分。雲霧籠罩的時數以 2000 年 7 月至 2001 年 6 月為例；高達 3,417 小時；將近全年所有時數的 40%，且具有季節與日變化，為一典型的雲霧森林（Chang *et al.*, 2002）。

保留區內共有 185 種維管束植物，分屬 71 科 115 屬。蕨類植物 14 科 23 屬 33 種，裸子植物 3 科 3 屬 4 種，雙子葉植物 46 科 70 屬 108 種，單子葉植物 8 科 19 屬 22 種。出現較多之科有蕨類的水龍骨科（Polypodiaceae）7 種，薔薇科（Rosaceae）9 種，冬青科（Aquifoliaceae）8 種，杜鵑花科（Ericaceae）10 種（Chou *et al.*, 2000）。

Chou *et al.*（2000）將保留區內的植被分為森林植物與水、濕生草本植物兩類社會型態。前者可再分為台灣扁柏型（*Chamaecyparis obtuse* var. *formosensis* type）與柳杉人工型（*Cryptomeria japonica* plantation type）；後者則又細分為高山芒型（*Miscanthus transmorrisonensis* type），眼子菜型（*Potamogeton octandrus* type），東亞黑三稜型（*Sparganium fallax* type）與水毛花型（*Schoenoplectus mucronatus* type）Liao *et al.*（2003）認為此區台灣扁柏的族群結構與生長基質有相關，枯倒木對台灣扁柏的更新有其重要性；即提供予幼苗一個生長的基質，因而增加其與其它植物的競爭性。

此區的土壤為強酸性，pH 值介於 3.3-3.8 之間，此特性使得大量的黃酸累積於較深層的土壤中（Chen and Chiu, 2000）。此區的土壤大致可分成三種類型，有機質土（Histosols）主要分佈於湖區周圍與山坡底部；弱育土（Inceptisols）則分佈於山坡；而山頂與山脊處則主要為極育土（Ultisols）所組成。湖區周圍與山坡底部的有機質土是由

泥炭 (peat) 所化育而成的一層薄薄的有機層；山坡上的弱育土由於受其所含的大量黏土 (clay) 與粉質黏土 (silty clay) 影響，使得排水性極差；而極育土相對而言，其排水性就顯的較佳。受大量的降雨的影響，使得此區土壤的淋溶作用 (leaching) 非常明顯 (Chiu *et al.*, 1999b)。

## 2.3 實驗設置

### 2.3.1 樣區設置

此 1 公頃的扁柏林研究區於 2002 年 5 月劃設完成。如圖 2 所示，本研究區四邊分別朝正東、正西、正南、正北。先將其劃設成 100 格，10 公尺 × 10 公尺的小樣區，再以西南角處為原點，加以座標編號標示，以作為植被分析樣區劃設與植物個體、穿落水、幹流水定位之基礎。

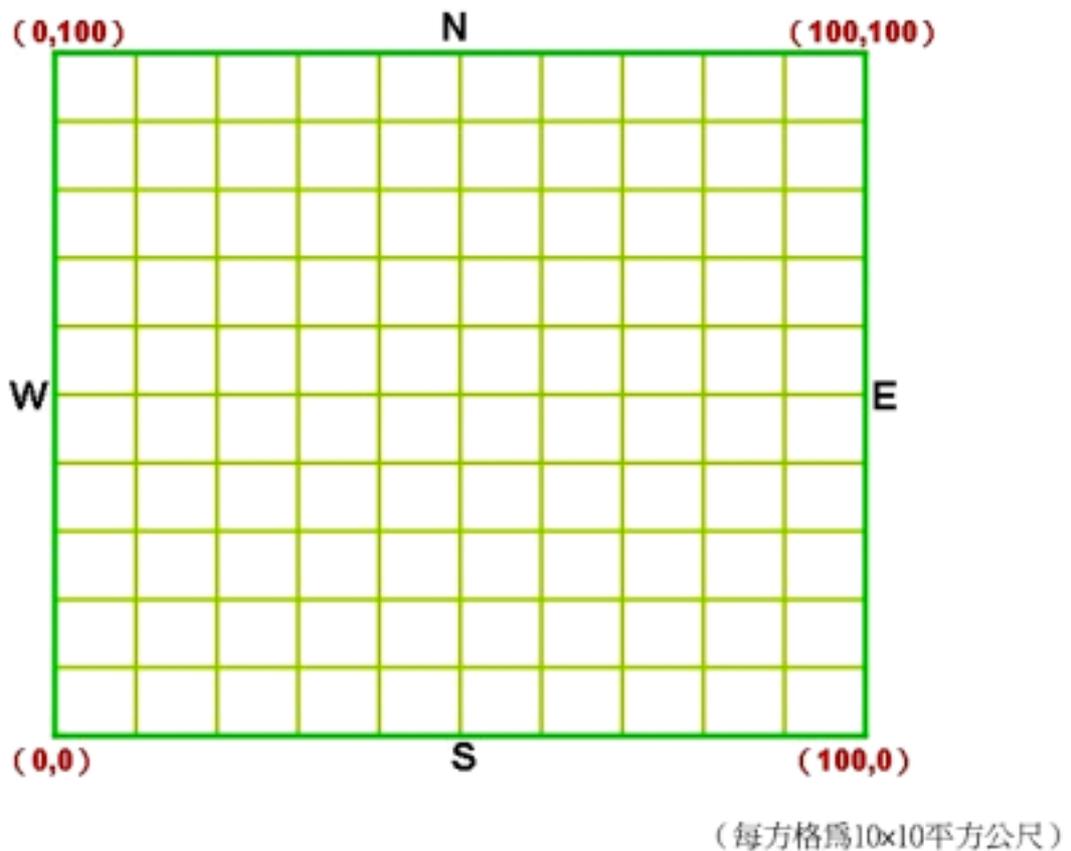


圖 2 樣區劃設圖。將此 1 公頃的扁柏林劃設成 100 格 10 公尺 × 10 公尺的小樣區，以西南角處為原點，加以座標編號標示。

### 2.3.2 植被調查

系統性選擇 9 格小樣區，分別位於樣區之四周與中央；另再人為挑選西北角的 11 格進行密集性調查（圖 3）。總調查區域為 20 格小樣區，面積為 0.2 公頃，佔研究區的 20%。而穿落水與幹流水的取樣位置即位於西北角處的 12 格內，四端點座標分別為 (0,100)、(40,100)、(40,70)、(0,70)。

取所有胸高直徑( diameter at breast height, DBH )1 公分以上個體，測量每木位置、高度與胸高直徑，並加以編號與鑑種。再計算整座樣區各種植物的平均高度、總胸高斷面積( total basal area )、相對胸高斷面積( relative basal area, RA )、相對植株密度( relative density, RD )、相對頻度 ( relative frequency, RF ) 與重要值指數 ( important value index, IVI ; 為 RA、RD 與 RF 三者和的平均值 )。

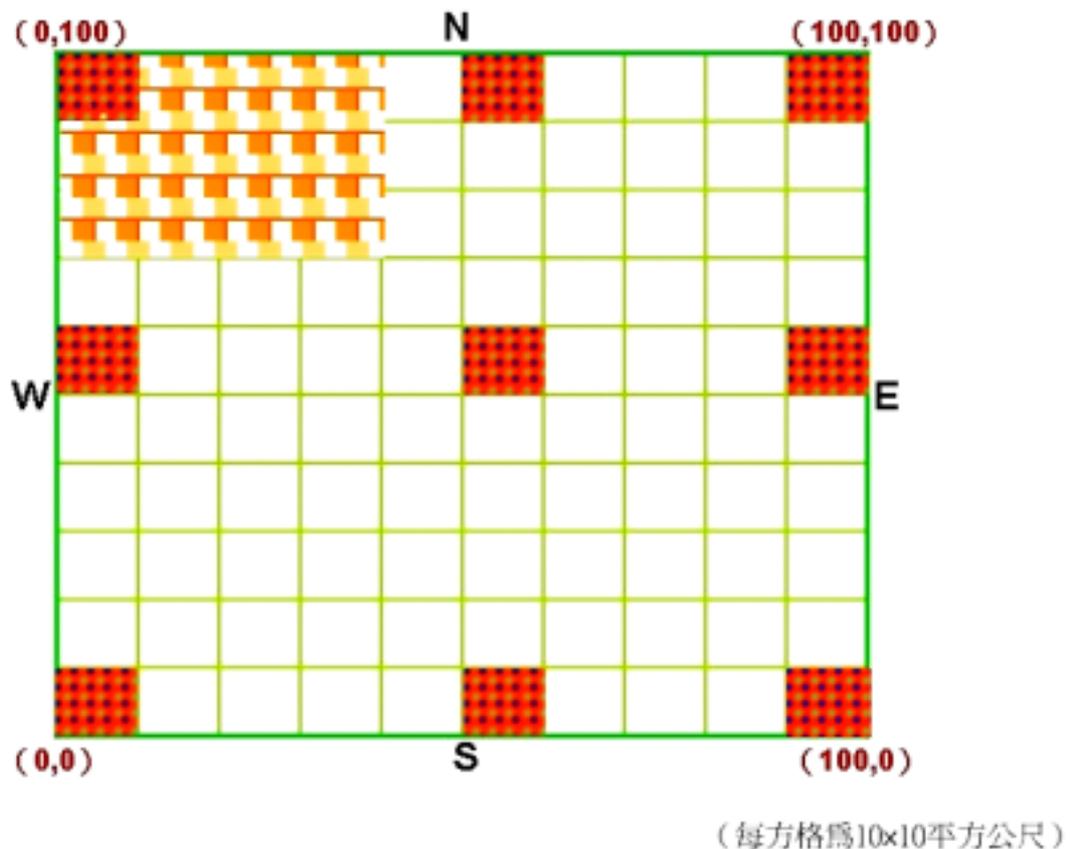


圖 3 植被調查區域圖。系統性選擇 9 格小樣區，分別位於樣區之四周與中央(點狀)；另再人為挑選西北角的 11 格進行密集性調查(格狀)。

### 2.3.3 氣象資料

搭建一座總高度為 23 公尺之鐵塔作為氣象觀測站；其高於樹冠層約 10 公尺，位於樣區北方約 200 公尺處。頂端架設風速風向計( Wind monitor model 05103, R.M.Young, USA )、溫濕度計 ( RHT2nl, Delta-T, UK ) 與能見度儀 ( MIRA visibility sensor 3544, Aanderaa instruments, Norway )。資料則以資料處理器 ( DL2e, Delta-T, UK ; CR10X, Campbell, USA )每 5 分鐘記錄一筆數據。儀器的電源供應皆為一般的蓄電池( 12V DC )。

### 2.3.4 重力沈降 ( PD )

以 3 個 20 公升的雨水收集桶收集，每個收集桶上置一直徑 20 公分的漏斗，漏斗內置入紗網以防雜物進入，並校正水平，整個雨水收集裝置皆為聚乙烯材質( polyethylene, PE )。並設雨量桶測量雨量 ( 0.5 公釐，TIC-1，竹田計器工業株式會社，日本 )，其數據以資料處理器記錄之 ( CR10X, Campbell, USA )。

收集裝置位於 100 號林道 15 公里處，中央研究院植物研究所工作站旁，與樣區相距約 500 公尺。雨水收集桶和雨量桶皆架設於高度為 3.5 公尺的鐵塔上，天頂角 45 度以內無遮蔽物。

### 2.3.5 穿落水 ( TF )

共 12 組，各為兩個 10 公升的收集桶 ( polyethylene, PE ) 相連而成，上方置一直徑 20 公分漏斗，其內置入紗網以防雜物進入，並校正水平，漏斗開口處平均離地面高度為 75 公分。裝置以角鋼為支架，彼此以每 5 公尺的間隔；即系統性地擺設於樣區西北角處，四端點座標分別為 ( 10,90 )、( 25,90 )、( 25,80 )、( 10,80 )。

### 2.3.6 幹流水 ( SF )

以 5 株台灣扁柏作為取樣個體，其高度分別為 13、12、12、12、10 公尺；胸高徑則為 20、19、25、21、20 公分；在樣區內的座標則為 ( 8.4 , 84.4 )、( 5.0 , 92.3 )、( 12.1 , 78.1 )、( 19.0 , 17.7 ) 與 ( 21.0 , 77.5 )。

幹流水收集裝置的架設方法為，在樹幹上先以水管與一般車用內胎，分別上下纏繞成雙螺旋狀，再於其間之縫隙噴上聚氨酯 ( polyurethane, PU )。待其凝固後將內胎與水管取下，加以矽膠 ( silicone ) 修補確定無漏。於底端出口處連接上水管，便可將幹流水引入 200 公升水桶 ( polyethylene, PE )，並於水管末端加裝過濾網，以防雜物進入。

### 2.3.7 雲霧沈降 (FG)

共 3 組，架設於氣象觀測塔上。分別位於樹冠層上方、枝下高與地面三處，用以收集不同高度之雲霧，進而比較彼此間物理、化學的空間差異。

收集裝置為一個壓克力板所黏製而成的箱型盒，後端開口處置一風扇 (Gulf, Inc., Taiwan, E122512H1)，風扇前方為一個由鐵弗龍線所編織而成的網 (Teflon，直徑 0.4 公釐)，每條鐵弗龍線的間隔為 1 公釐，網的傾斜角為 55 度。

開關機制由能見度儀所調控；當能見度低於 500 公尺時，資料處理器即驅動風扇轉動將雲霧吸入裝置，再引入收集瓶中 (polyethylene, PE)。為節省電力，當能見度高於 500 公尺或風扇已連續轉動 5 分鐘，程式便驅使風扇停止轉動；若能見度仍低於 500 公尺時，則於 5 分鐘後再行驅動。整個裝置的電源供應為一般的蓄電池 (12V DC)。

重力沈降 (n=3)、穿落水 (n=12)、幹流水 (n=5)、雲霧水 (n=3) 與氣象資料皆定期每兩週收集一次。

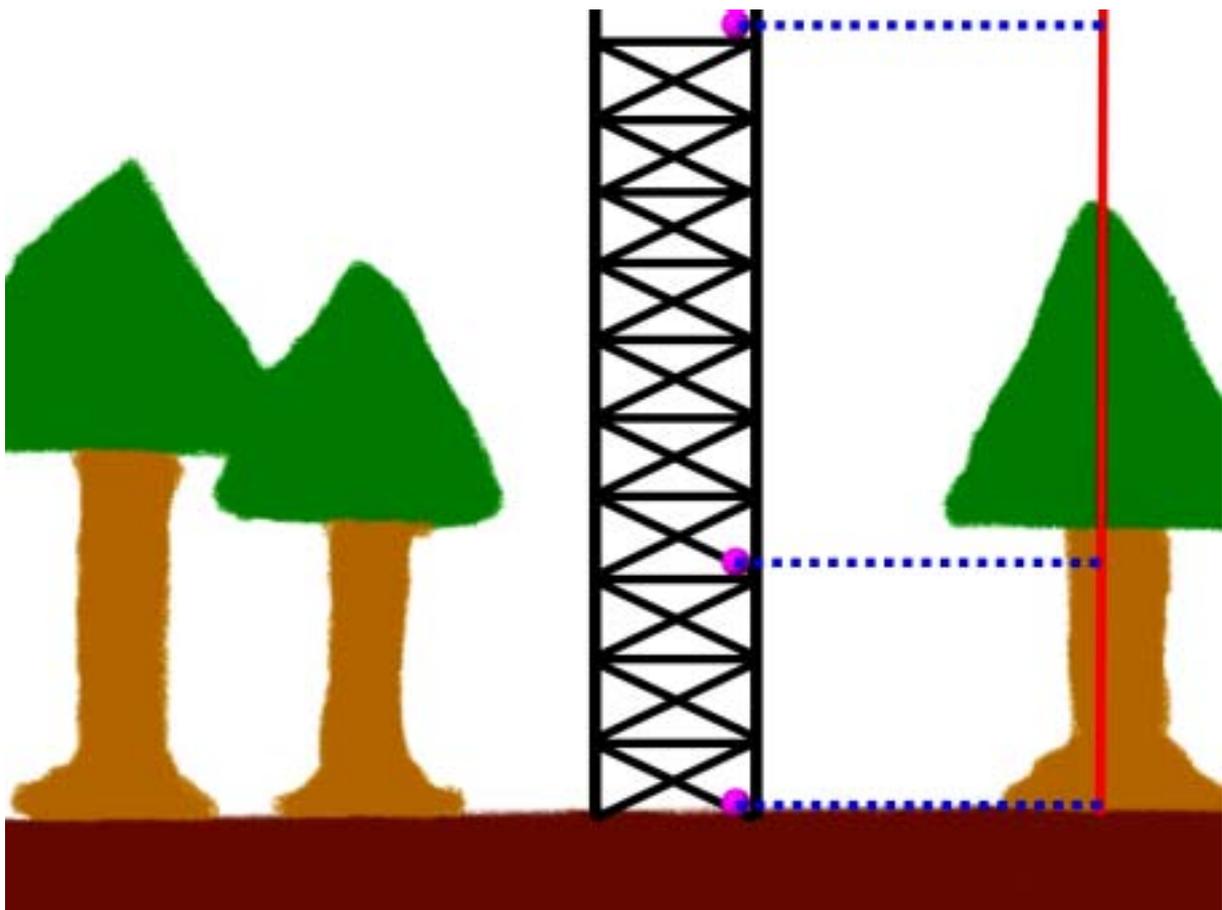


圖 4 雲霧收集器位置圖。三座雲霧收集器架設的高度位置，其架設於氣象觀測塔上，由上至下分別位於樹冠層上方、枝下高與地面。

## 2.4 分析

### 2.4.1 樣品處理

重力沈降、穿落水與幹流水皆於當場紀錄體積，並各瓶裝 1 公升 (polyethylene, PE)，雲霧水因量較少故將其全部取回後秤重。

所有水樣皆於採樣後立即測量導電度 (WTW, Con. 340i, Germany) 及 pH 值 (WTW, pH 340i, Germany)。以醋酸纖維濾紙 (cellulose acetate, 0.45 $\mu$ m, Millipore, USA) 過濾後，取 200 毫升分裝於兩個保存瓶 (polyethylene, PE)，置於 0℃、不透光之冰桶中，運送回實驗室進行化學分析。

### 2.4.2 化學分析

本研究欲定量出的陽離子有：鈉 (Na<sup>+</sup>)、鉀 (K<sup>+</sup>)、銨 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、鎂 (Mg<sup>2+</sup>) 與鈣 (Ca<sup>2+</sup>)；陰離子有氯 (Cl<sup>-</sup>)、硝酸根 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、硫酸根 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)。皆以離子色層分析儀 (ion chromatography, IC; ICA-5000, DKK-TOA, Japan) 進行濃度測定。

此離子色層分析儀的導電度檢出器為 ICA-5220，記錄器為 Personal Daq 55。陰離子之分離管柱為 PCI-201S，直徑 4.6 公釐，長度 100 公釐；其溶離液為 1.5mM boric acid、15mM mannitol 與 2.5mM tris (hydroxymethyl) aminomethane。陽離子之分離管柱為 PCI-311S，直徑 4.6 公釐，長度 100 公釐；其溶離液為 3mM methanesulfonic。陰陽離子分離管柱皆置於 37℃ 之恆溫槽中。陰離子之檢出器設定溫度為 40℃，陽離子為 45℃；溶離液流速皆設為每分鐘 1 毫升。

### 2.4.3 流量計算

重力沈降所得的水樣體積可直接換算出整個樣區雨水的總沈降量，此值再與資料處理器所記錄之數據加以互相比對，以檢視雨量桶之精確性與收集桶之採樣效率。

穿落水的總沈降量同重力沈降的估計方法，將其換算成單位沈降量後乘以整個樣區的面積求得。由於植物個體的總胸高斷面積於樣區中所佔的比例極微 (0.5%)，故將其忽略不計。

幹流水因為其量與樹冠層的大小有關 (Levia Jr., 2003)，本研究假設樹冠層大小與樹幹的斷面積成正相關。於植被測量中已求得樣區內台灣扁柏的總胸高斷面積，所以將所收得的沈降量換算成單位斷面積沈降量後，再利用比例式便可求出樣區內的幹流水總量。

依上述與公式一之平衡式，所有沈降在此森林內部的總水量即為穿落水總量與幹流水總量之和，以此和減去重力沈降的總沈降量，所得之差值即為樹冠層的截留流失與雲霧沈降所造成。

而每次採樣之各離子的平均濃度（ $\bar{C}$ ）估算方式，則是測得重力沈降、穿落水與幹流水的每瓶收集桶所收得之水樣離子濃度後（ $C$ ），分別乘以每瓶所收得之水樣體積（ $V$ ），將其加總後，再除以各水樣的總水量（公式二）。配合各水樣的總沈降量，便可求出此樣區於單位時間內，各種離子的總輸入量與各水樣間、森林內外的差異。而雲霧的平均濃度則未以體積加權，直接以每次所測得之值，加以平均求得。

$$\bar{C} = \frac{\sum_{x=1}^n C_X V_X}{\sum_{x=1}^n V_X} \quad (\text{公式二})$$

#### 2.4.4 統計分析

當沈降量高時，較多的水分所造成的稀釋作用，使得其中所含的離子濃度相對性的降低（Levia Jr., 2003; Veneklaas, 1990），而 pH 值也可能受水量多寡的影響。故將每次取樣時的平均水量與平均 pH 值、導電度，計算相關係數，以瞭解彼此間的相關程度。以每次取樣時的平均水量與平均離子濃度，所求出的迴歸方程式與決定係數，可瞭解兩者間的關係。

標準偏差（standard deviation, SD）除以平均（ $\bar{X}$ ）求出之變異係數（coefficient of variation, CV）（公式三），即可得知重力沈降、穿落水、幹流水的水量與各離子濃度，於每次的採樣時，在各取樣點間的變異程度。

$$CV = \frac{SD}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (\text{公式三})$$

### 3. 結果

#### 3.1 植被

所調查的 20 格小樣區中，共記錄 1171 株胸高徑大於 1 公分的植物個體，分屬 17 科 26 屬 33 種維管束植物。計有裸子植物 1 科 1 屬 1 種，即為柏科的台灣扁柏；闊葉樹植物有 16 科 25 屬 32 種（附錄一，附錄二）。

研究區內出現最多之科是樟科(Lauraceae)，為 6 種，其次依序為茶科(Theaceae) 4 種，薔薇科(Rosaceae)、灰木科(Symplocaceae)各 3 種，五加科(Araliaceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、杜鵑花科(Ericaceae)各 2 種，八角科(Illiciaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、芸香科(Rutaceae)、楊梅科(Myricaceae)、槭樹科(Aceraceae)、衛矛科(Celastraceae)、昆欄樹科(Trochodendraceae)、野牡丹科(Melastomataceae)各 1 種。

台灣扁柏於此 20 格、0.2 公頃的小樣區中之個體數達 364 株，為所有樹種中最高者。闊葉樹中較高的為白花八角(*Illicium anisatum*) 198 株與台灣樹蔘(*Dendropanax dentiger*) 151 株(表 1)。

研究區內台灣扁柏之總胸高斷面積為所有樹種中最高者，佔所有植物總胸高斷面積的 81.8%。其次依序為豬腳楠(*Machilus thunbergii*)、台灣樹蔘、香葉樹(*Lindera communis*)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、白花八角(表 1)。

如表 2 所示，所有植物中，出現頻率最高的仍為台灣扁柏。而闊葉樹種中，出現頻率較高者依序為：白花八角、台灣樹蔘、紅淡(*Adinandra formosana*)與早田氏冬青(*Ilex hayataiana*)。

由於台灣扁柏之相對胸高斷面積、相對密度、相對頻度皆為所有樹種中最高者，故其重要值指數也是呈現出最高的值，為 40.57，其次依序為白花八角(9.20)、台灣樹蔘(8.12)、紅淡(5.49)與早田氏冬青(5.21)(表 2)。

表 1 植被調查結果。在 20 格小樣區中，各種植物所記錄之株數、平均高度與總胸高斷面積。

中文名 (依總胸高斷面積排序)	株數	平均高度 (m)	總胸高斷面積 (cm <sup>2</sup> )
台灣扁柏	364	9.8	83028
豬腳楠 (紅楠)	30	8.3	3146
台灣樹蔘	151	5.7	3076
香葉樹	42	7.7	2414
薯豆	24	7.4	2167
白花八角	198	4.7	1839
厚皮香	18	4.1	914
山櫻花(緋櫻、山櫻桃)	3	12.0	771
霧社木薑子	4	10.0	589
台灣紅榨槭	3	10.5	511
早田氏冬青	84	4.6	478
紅淡	94	4.1	460
台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	20	6.6	438
厚葉柃木	37	5.3	411
月桂葉灰木 (瑞香葉灰木)	2	9.5	281
高山新木薑子	13	6.3	241
變葉新木薑子	9	5.8	173
假繡球	1	12.5	157
大葉越橘	10	5.4	152
假柃木	34	2.4	104
台灣杜鵑	9	4.1	65
阿里山灰木	2	7.5	53
楊梅	1	8.0	36
杜英	1	7.2	20
玉山灰木	2	4.9	13
玉山假沙梨	1	6.0	8
深山野牡丹	4	2.1	6
刻脈冬青	3	2.7	4
阿里山茵芋	3	2.3	3
黑星櫻 (墨點櫻桃)	1	5.0	3
香桂	1	2.8	2
昆欄樹	1	2.0	1
福建賽衛矛	1	2.0	1

表 2 植被指數表。在 20 格小樣區中，各種植物所計算之相對斷面積、相對密度、相對頻度與重要值指數。

中文名 (依重要值指數排序)	相對斷面積 RA	相對密度 RD	相對頻度 RF	重要值指數 IVI
台灣扁柏	81.75	31.08	8.89	40.57
白花八角	1.81	16.91	8.89	9.20
台灣樹蔘	3.03	12.89	8.44	8.12
紅淡	0.45	8.03	8.00	5.49
早田氏冬青	0.47	7.17	8.00	5.21
豬腳楠 (紅楠)	3.10	2.56	6.22	3.96
香葉樹	2.38	3.59	5.78	3.91
厚葉柃木	0.40	3.16	5.33	2.97
假柃木	0.10	2.90	5.78	2.93
薯豆	2.13	2.05	3.56	2.58
台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	0.43	1.71	4.89	2.34
厚皮香	0.90	1.54	4.00	2.15
高山新木薑子	0.24	1.11	3.56	1.63
大葉越橘	0.15	0.85	3.11	1.37
變葉新木薑子	0.17	0.77	2.67	1.20
山櫻花 (緋櫻、山櫻桃)	0.76	0.26	0.89	0.63
霧社木薑子	0.58	0.34	0.89	0.60
深山野牡丹	0.01	0.34	1.33	0.56
台灣紅榨槭	0.50	0.26	0.89	0.55
刻脈冬青	0.00	0.26	1.33	0.53
阿里山茵芋	0.00	0.26	1.33	0.53
月桂葉灰木 (瑞香葉灰木)	0.28	0.17	0.89	0.45
台灣杜鵑	0.06	0.77	0.44	0.43
玉山灰木	0.01	0.17	0.89	0.36
假繡球	0.15	0.09	0.44	0.23
阿里山灰木	0.05	0.17	0.44	0.22
楊梅	0.04	0.09	0.44	0.19
杜英	0.02	0.09	0.44	0.18
玉山假沙梨	0.01	0.09	0.44	0.18
黑星櫻 (墨點櫻桃)	0.00	0.09	0.44	0.18
香桂	0.00	0.09	0.44	0.18
昆欄樹	0.00	0.09	0.44	0.18
福建賽衛矛	0.00	0.09	0.44	0.18

### 3.2 重力沈降、穿落水、幹流水之沈降量

自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，十二個月期間，各水樣之採樣次數與樣品總數如表 3 所示。重力沈降 (PD) 的第一筆資料是始於 2002 年 5 月，穿落水 (TF) 的第一筆資料是始於 2002 年 6 月，幹流水 (SF) 是始於 2002 年 8 月，雲霧 (FG) 則是始於 2002 年 9 月。

重力沈降、穿落水與幹流水沈降量變化如圖 5 所示。重力沈降自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，累積量共計 2706 公釐，其中高達近 700 公釐的紀錄是由於 2002 年 7 月初時受颱風影響所致。自本次的颱風過後的兩個月裡，雨量皆較為偏低。而 9、10、11、12 月與隔年的 4 月，五個月份裡，降雨量有略微較高，且變化極大，分別約為 400、370、130、250、180 公釐。而 2003 年的 1、2、3、5 月，降雨量又呈現出較少的情形。故可發現，此期間本區的降雨情形於夏天時受颱風影響極大，而秋天、冬初的沈降量又比入冬後、春天時高。

將穿落水量與幹流水量兩者之和減去重力沈降量，便可求得每次取樣時，樹冠層水分收支的變化情形 (圖 6)，而此差值即是由雲霧沈降與截留流失所造成。從圖 6 可發現，分別在 2002 年 10 月與 2003 年 1 月的兩次記錄中，有森林內部沈降量高於重力沈降的情形，而其餘月份皆是森林內部較少。而水分的減少量最多者為 2002 年的 9 月份；然就整體而言，秋季的減少量會高於冬、春兩季，其量分別為 79、40 與 47 公釐。但以減少的百分比而言，則是冬末與春天時較高。

穿落水量與重力沈降量有正相關，決定係數  $R^2$  為 0.99 (圖 7)，而幹流水與重力沈降量的決定係數較低， $R^2$  為 0.79 (圖 8)。

表 3 各水樣之採樣次數與樣品總數。

	採樣次數	總樣品數
重力沈降 (PD)	25	75
穿落水 (TF)	24	288
幹流水 (SF)	20	86
雲霧 (FG)	16	40

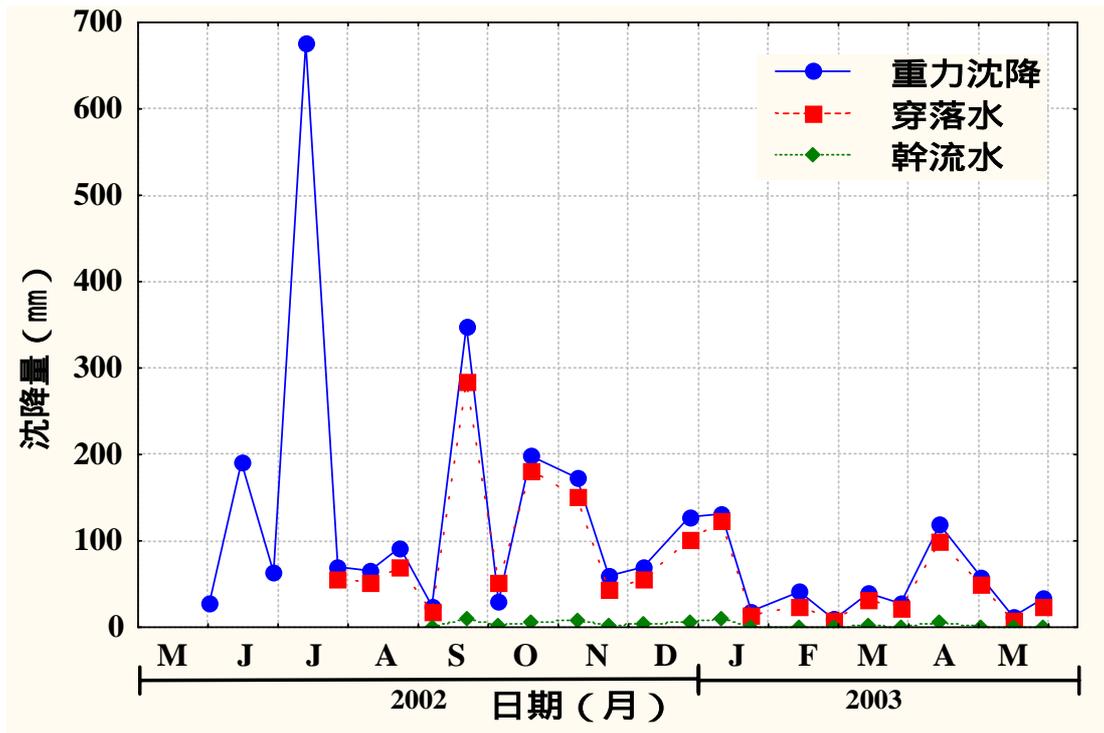


圖 5 各水樣沈降水量變化圖。

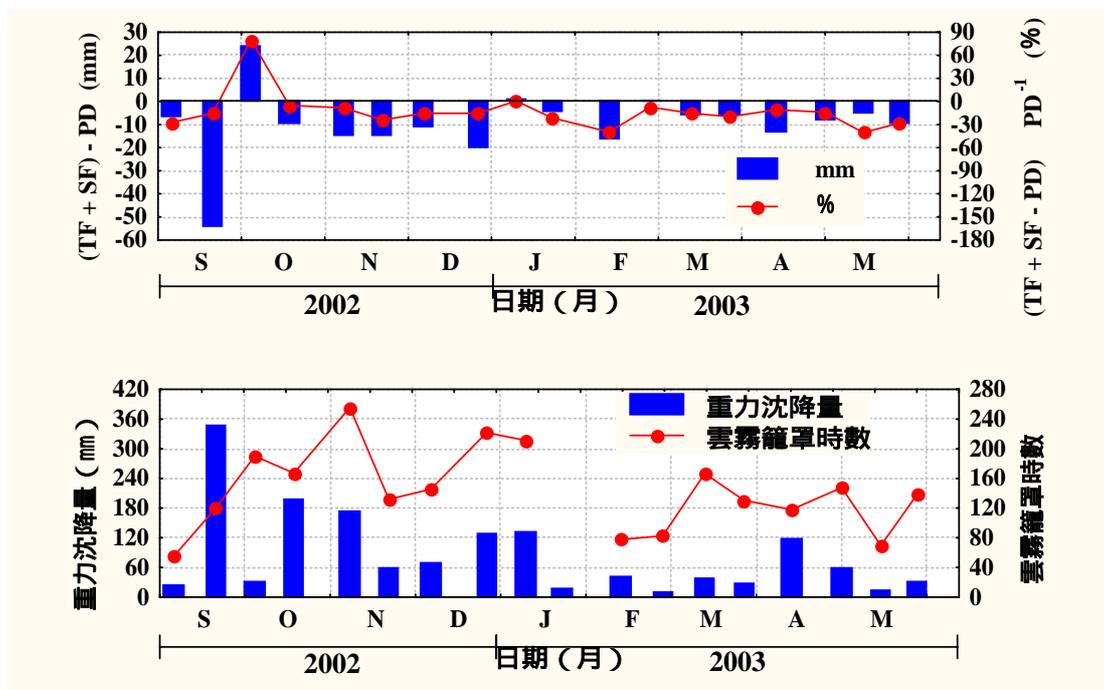


圖 6 樹冠層水分收支變化與重力沈降、雲霧籠罩時數變化圖。(PD：重力沈降，TF：穿落水，SF：幹流水)。

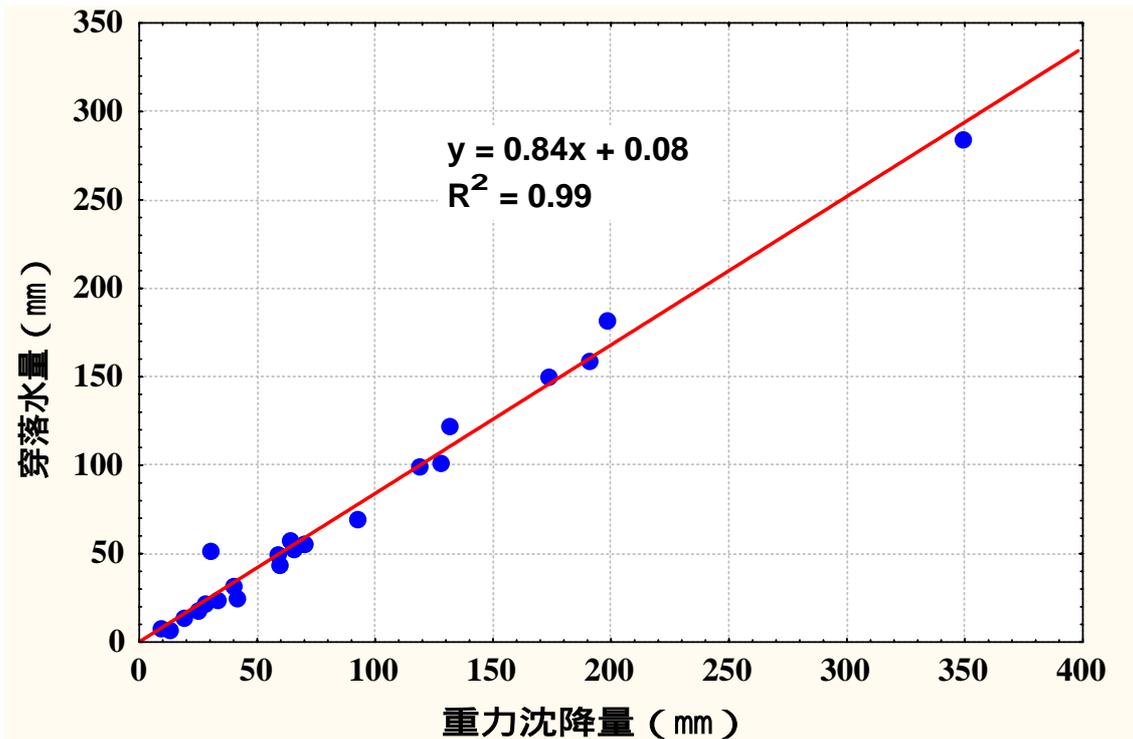


圖 7 穿落水量與重力沈降水量關係圖，其間呈一正相關。

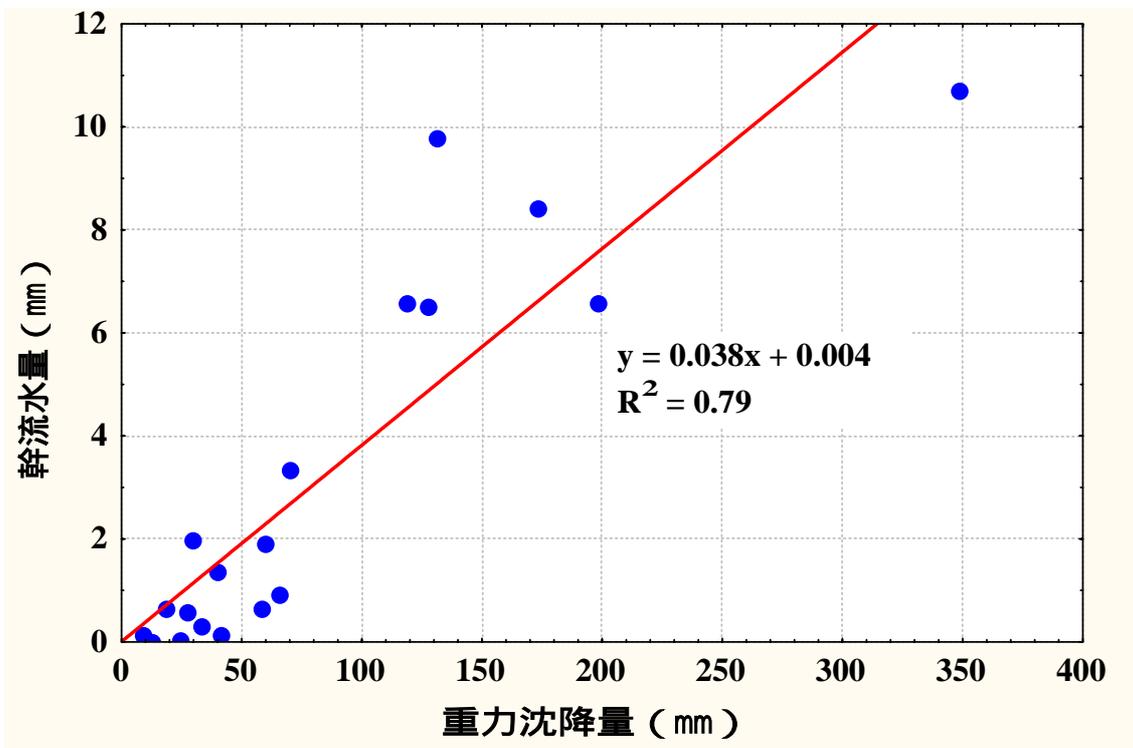


圖 8 幹流水量與重力沈降水量關係圖，其間呈一正相關。

如表 4 所示，本研究區於採樣期間之穿落水量佔重力沈降量的比例變化極大，範圍大都介於 60%-90%之間，而平均則為 84.2%，並有高達重力沈降量 173%的紀錄。而幹流水只介於 0.1%-7.5%之間，平均則為 3.2%。此兩者之和佔重力沈降的比例，大都介於 60%-95%之間，而平均為 87.4%；並於 2002 年 10 月與 2003 年 1 月，分別有高達 180%及 101%的紀錄。

在森林內部，穿落水的量都高達森林內總沈降量的 93%以上，但幹流水量所佔比例極微，只介於 0.2%-7.4%之間，平均則為 3.4%。

**表 4 穿落水與幹流水沈降量比例表。(PD：重力沈降，TF：穿落水，SF：幹流水)。**

採樣日期	TF/PD	SF/PD	(TF+SF)/PD	TF/(TF+SF)	SF/(TF+SF)
20020904	72.5	0.2	72.7	99.7	0.3
20020919	81.5	3.1	84.6	96.4	3.6
20021003	173	6.7	180	96.3	3.7
20021017	91.8	3.3	95.1	96.5	3.5
20021106	86.9	4.9	91.8	94.7	5.3
20021120	72.8	3.2	76.0	95.8	4.2
20021205	79.8	4.8	84.6	94.4	5.6
20021225	79.5	5.1	84.6	94.0	6.0
20030108	93.2	7.5	101	92.6	7.4
20030121	75.3	3.5	78.8	95.5	4.5
20030211	60.1	0.4	60.5	99.4	0.6
20030226	91.4	1.4	92.8	98.5	1.5
20030313	81.2	3.4	84.6	95.9	4.1
20030327	78.3	2.1	80.4	97.4	2.6
20030413	83.6	5.5	89.1	93.8	6.2
20030501	85.0	1.1	86.1	98.7	1.3
20030515	59.5	0.1	59.6	99.8	0.2
20030528	70.8	0.9	71.7	98.7	1.3
最小值	59.5	0.1	59.6	92.6	0.2
最大值	173	7.5	180	99.8	7.4
平均	84.2	3.2	87.4	96.6	3.4

### 3.3 雲霧之沈降量

雲霧沈降方面，可以發現，本研究區春季所採得之雲霧量略高於冬季。而位於樹冠層上方所收得之雲霧量皆較枝下高與地面兩者多。而地面所收得之量，除 2002 年 12 月及 2003 年 5 月的兩次記錄外，其餘皆多於枝下高。樹冠層上方、枝下高、地面，三者平均重量比為 1 : 0.30 : 0.36 (圖 9)。

除此，也可發現，此三層不同高度的雲霧量，於春季時，彼此間的差異會比冬天時來的高。最小的差異是發生在 2002 年的 1 月份，樹冠層上方、枝下高、地面，三者平均重量比為 1 : 0.57 : 0.72。

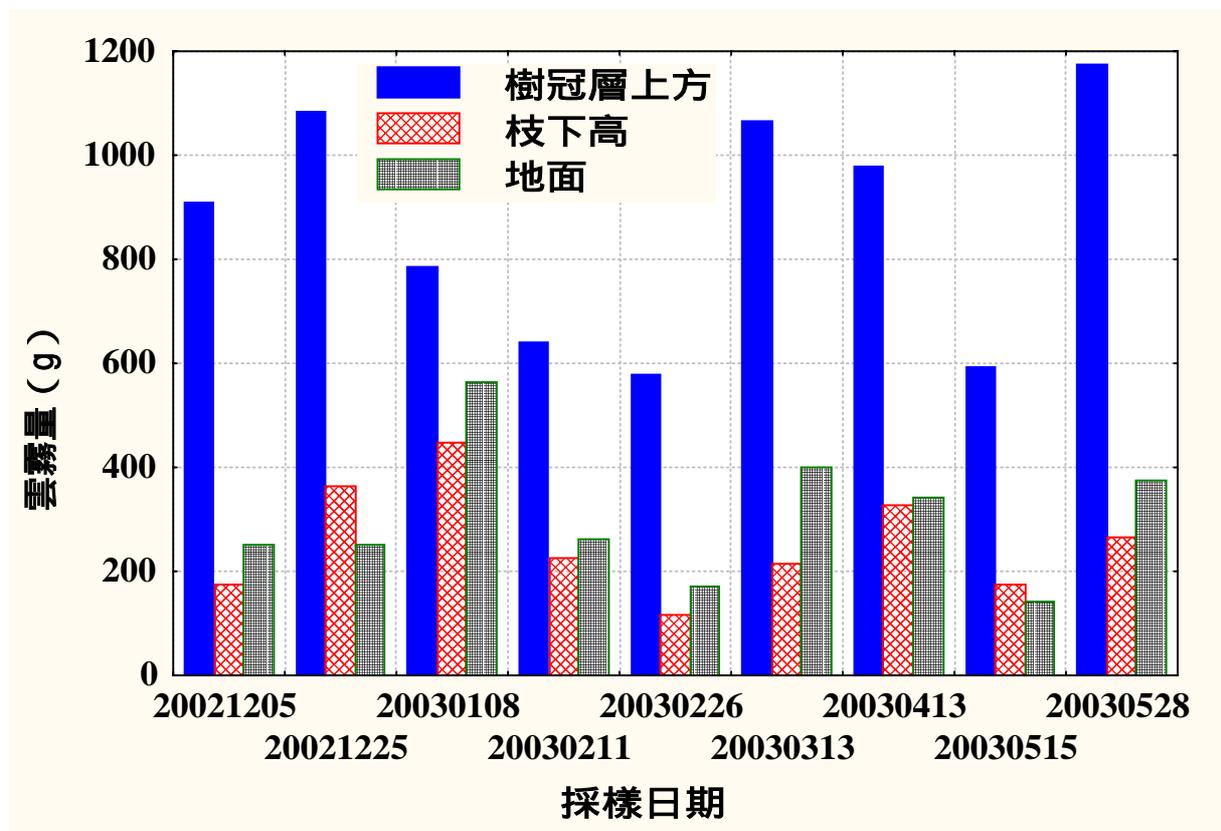


圖 9 三層不同高度雲霧收集器所收得之雲霧量比較圖。

### 3.4 重力沈降、穿落水、幹流水之化學組成

圖 10 顯示四種水樣於採樣期間的 pH 值變化。可以發現，在大部分的採樣中，穿落水都呈現出最高的值，平均為 5.13；其次為重力沈降，平均為 5.09；幹流水的值則是最低的，平均為 4.08 (volume-weighted)。

重力沈降 (圖 11)、穿落水 (圖 12)、幹流水 (圖 13) 三者之氫離子濃度與沈降量的相關係數  $r$  分別為 -0.05、0.06、-0.5；導電度與沈降量的相關係數  $r$  分別為 -0.33、-0.35、-0.18。可見只有氫離子濃度與穿落水量是呈現正相關，其餘皆為負相關，且相關係數皆很低。代表此三種水樣之 pH 值、導電度的變化，與水量的多寡並無明顯相關。

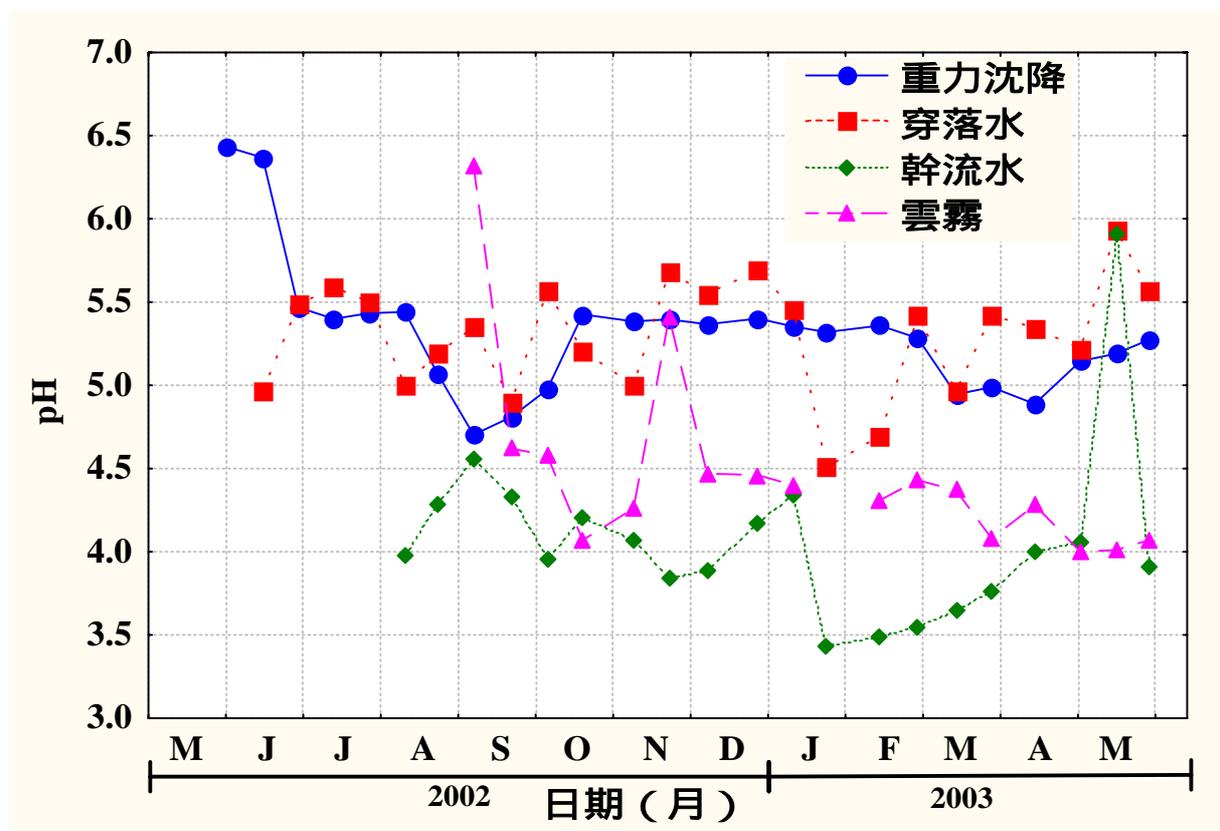


圖 10 四種水樣之 pH 值變化圖。

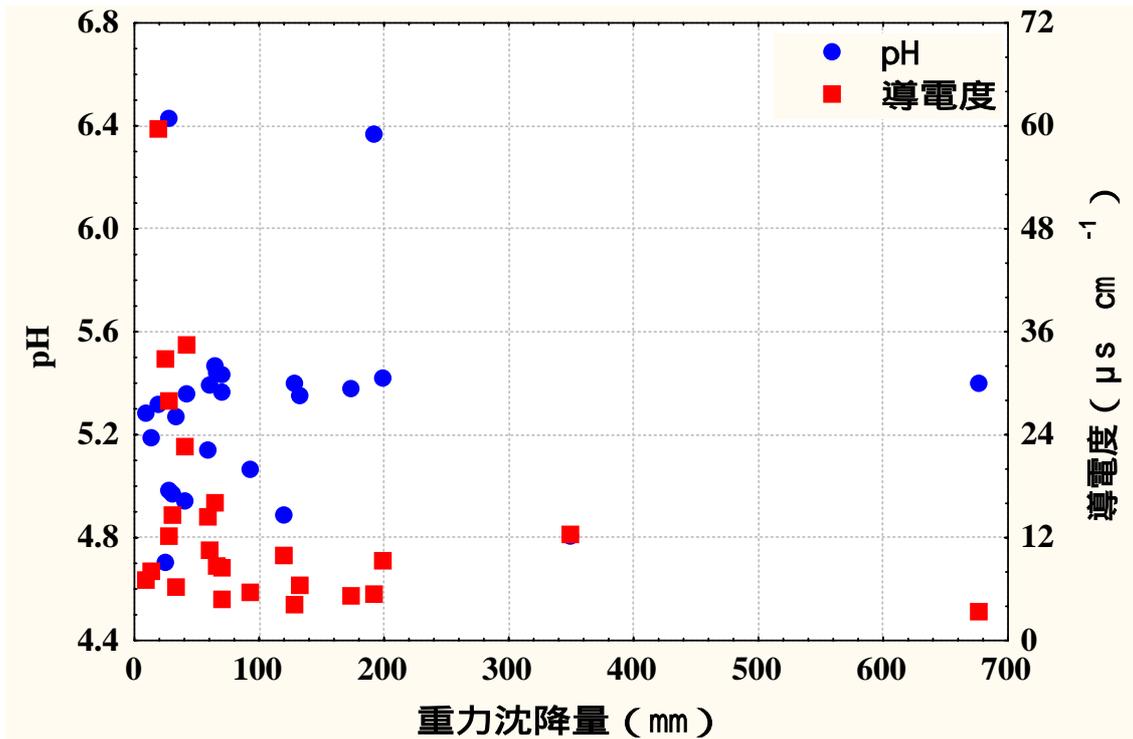


圖 11 pH 值、導電度與重力沈降水量關係圖，相關係數  $r$  分別為 -0.05、-0.33。

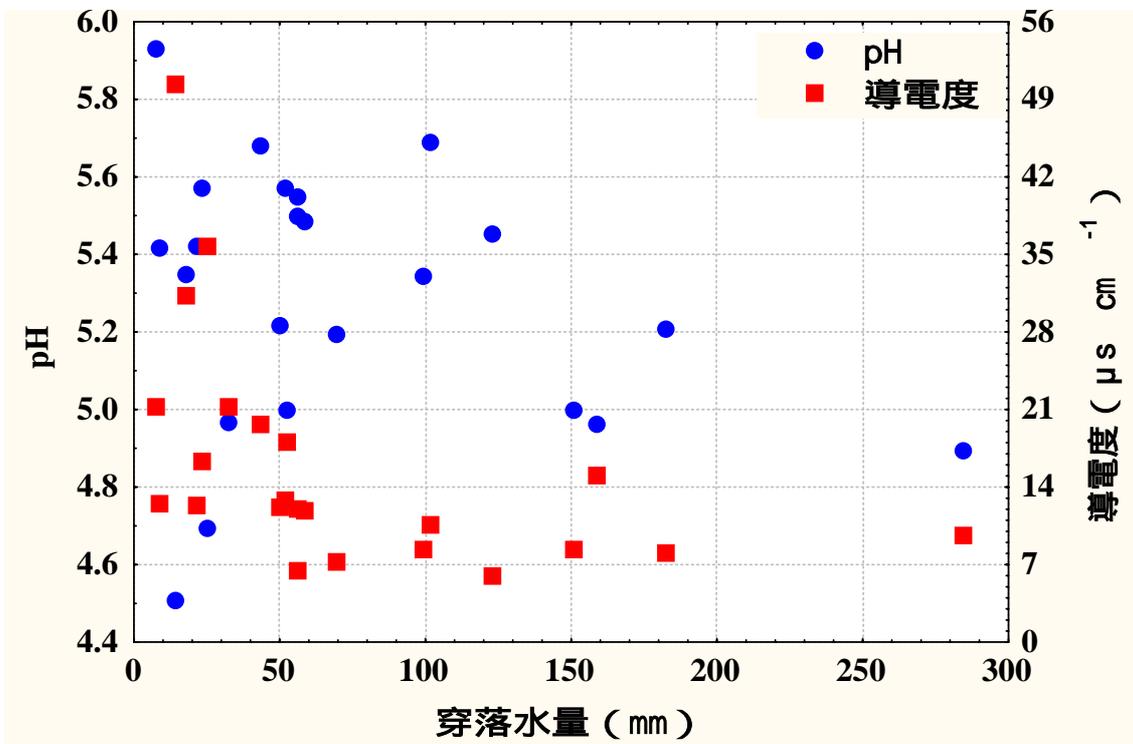


圖 12 pH 值、導電度與穿落水量關係圖，相關係數  $r$  分別為 0.06、-0.35。

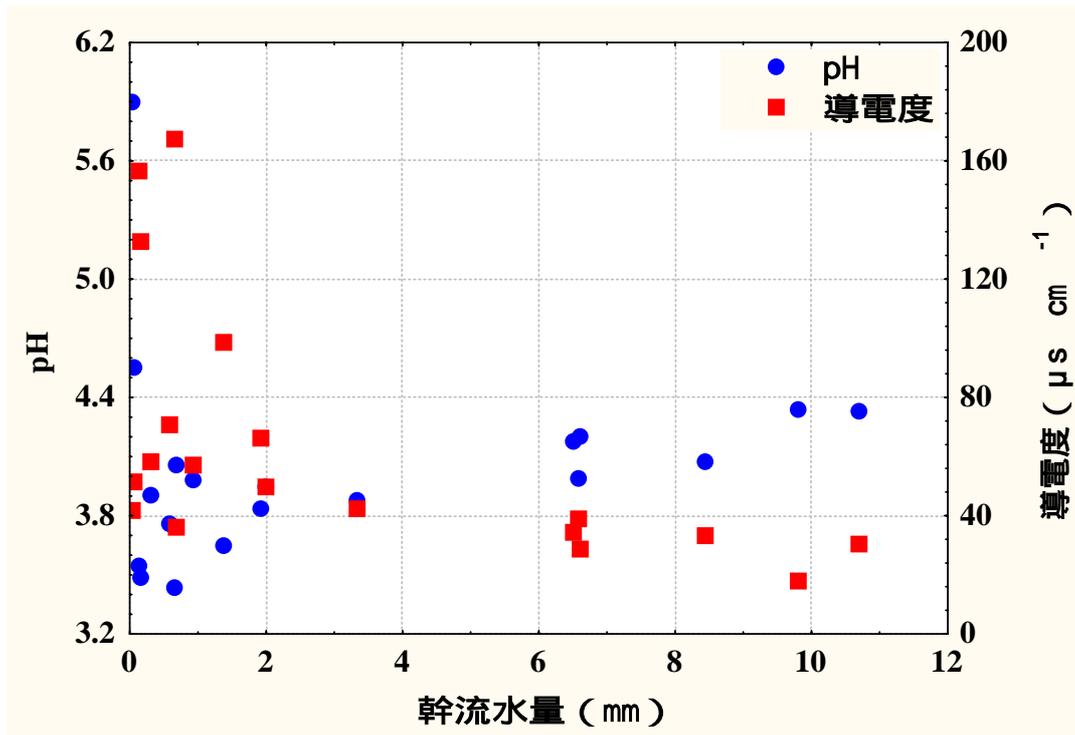


圖 13 pH 值、導電度與幹流水量關係圖，相關係數  $r$  分別為  $-0.45$ 、 $-0.18$ 。

表 5 比較重力沈降、穿落水、幹流水各離子的平均濃度 (volume-weighted) 與導電度。以氫離子而言，幹流水的濃度為最高，其次為重力沈降，穿落水為最低。鈉離子與鉀離子皆是穿落水最高，幹流水其次，重力沈降最低。鈣離子與鎂離子是穿落水最高，依次為重力沈降、幹流水；銨離子在穿落水中最高的濃度，其次為重力沈降、幹流水。氯離子在幹流水的濃度高於穿落水與重力沈降，但三者差異不大。硝酸根離子是重力沈降的濃度最高，穿落水次之，幹流水最低。穿落水的硫酸根離子濃度較穿幹流水高，重力沈降則比前兩者低。至於導電度，是以幹流水最高，穿落水則略高於重力沈降。

不同離子的濃度與重力沈降 (表 6)、穿落水 (表 7)、幹流水 (表 8) 的沈降水量會呈現出不同程度的相關關係。可以發現，這些陰陽離子在此三種水樣中的濃度，與沈降水量間的相關，有些為正相關，有些為負相關，但皆未達顯著水準。

表 5 重力沈降、穿落水與幹流水之化學組成比較。(濃度： $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，導電度： $\mu\text{s cm}^{-1}$ )。

	重力沈降	穿落水	幹流水
H <sup>+</sup>	8.1	7.5	82.8
Na <sup>+</sup>	13.3	79.6	42.2
K <sup>+</sup>	7.6	31.1	8.1
Ca <sup>2+</sup>	5.4	22.3	5.2
Mg <sup>+</sup>	4.5	12.0	1.2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5.7	6.2	0.5
Cl <sup>-</sup>	17.5	16.4	17.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6.0	3.7	0.5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.2	5.1	1.0
pH	5.1	5.1	4.1
Conductivity	14.7	16.8	62.6

表 6 各離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與重力沈降量 (mm) 之一次線性迴歸方程式，及其決定係數。(y = 離子濃度，x = 沈降量)。

	迴歸方程式	決定係數
H <sup>+</sup>	$y = -0.002x + 6.67$	0.002
Na <sup>+</sup>	$y = 0.024x + 24.81$	0.004
K <sup>+</sup>	$y = 0.007x + 3.66$	0.015
Ca <sup>2+</sup>	$y = 0.002x + 7.47$	0.002
Mg <sup>2+</sup>	$y = 0.002x + 5.40$	0.004
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$y = 0.004x + 11.86$	0.000
Cl <sup>-</sup>	$y = 0.021x + 12.95$	0.036
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$y = 0.003x + 6.50$	0.003
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$y = -0.0008x + 0.683$	0.007

表 7 各離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與穿落水量 (mm) 之一次線性迴歸方程式, 及其決定係數。 (y = 離子濃度, x = 沈降量)。

	迴歸方程式	決定係數
H <sup>+</sup>	$y = 0.006x + 6.71$	0.003
Na <sup>+</sup>	$y = -0.689x + 159$	0.082
K <sup>+</sup>	$y = -0.141x + 45.73$	0.167
Ca <sup>2+</sup>	$y = -0.121x + 40.9$	0.126
Mg <sup>2+</sup>	$y = -0.096x + 25.06$	0.165
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$y = -0.112x + 21.31$	0.126
Cl <sup>-</sup>	$y = -0.083x + 26.01$	0.127
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$y = -0.034x + 8.53$	0.114
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$y = 0.019x + 2.92$	0.144

表 8 各離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與幹流水量 (mm) 之一次線性迴歸方程式, 及其決定係數。 (y = 離子濃度, x = 沈降量)。

	迴歸方程式	決定係數
H <sup>+</sup>	$y = -12.43x + 172$	0.203
Na <sup>+</sup>	$y = -8.376x + 102$	0.211
K <sup>+</sup>	$y = -3.687x + 34.47$	0.132
Ca <sup>2+</sup>	$y = -5.033x + 41.2$	0.253
Mg <sup>2+</sup>	$y = -1.129x + 9.28$	0.239
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$y = -3.190x + 23.33$	0.066
Cl <sup>-</sup>	$y = -4.476x + 49.92$	0.294
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$y = -0.268x + 2.44$	0.054
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$y = -0.241x + 2.73$	0.042

陰陽離子的濃度與重力沈降量的變化如圖 14 所示。氯離子、硝酸根離子、硫酸根離子的濃度總和與重力沈降量的相關係數  $r$  為 0.06；氫、鈉、鉀、鈣、鎂、銨離子也是 0.06，而陰陽離子之間的相關係數  $r$  為 0.68。除在 2002 年的 6 月份時，陽離子出現了一個極高的濃度值外，其餘採樣時間所測得之陰陽離子濃度值，皆非常接近。

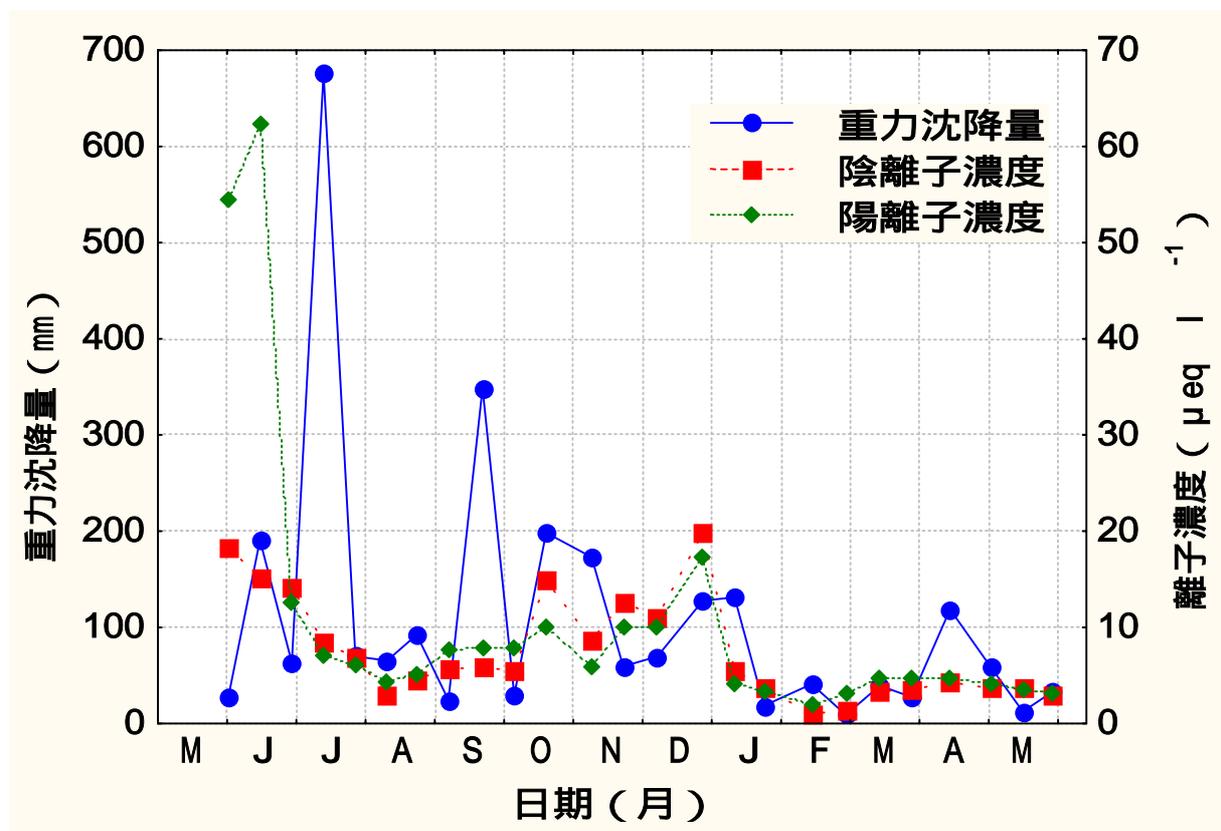


圖 14 重力沈降量與其所含陰陽離子濃度變化圖。

圖 15 為 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，十二個月期間，每次採樣所測得之重力沈降量與氫離子輸入量變化圖。顯示藉重力沈降所攜帶而進入本研究區內的氫離子輸入量，雖在大部分的時期中，會隨著重力沈降量的起伏而產生相對應的變化。亦即當重力沈降量增加，氫離子的輸入量也隨之增加，反之亦然；但在冬末、春初時並無此情形。

自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，十二個月期間，藉重力沈降輸入本研究區的氫離子每公頃共計有 331 公克。其中，雖然 7 月初時的颱風攜帶大量的水分沈降，但相對而言，氫離子的輸入量卻不是最高。最大的氫離子輸入量則是出現在重力沈降量的第二高峰，也就是 2002 年的 9 月份（每公頃 86 公克），而輸入量最少者為 2003 年 5 月（每公頃 4 公克）。而在冬末、春初時，雖然水的沈降量很少，但氫離子輸入量卻有相對較高的現象。

自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，十二個月期間，藉重力沈降輸入本研究區各種離子輸入量如表 9 所示。其中，硫酸態硫所輸入的量最少，每年每公頃為 0.1 公斤；最高者為氯離子，達每年每公頃 18.9 公斤。其它離子的輸入量依次為：鈉離子 13.7 公斤、鉀離子 4.9 公斤、鈣離子 4.9 公斤、銨態氮 2.9 公斤、硝酸態氮 1.7 公斤、鎂離子 1.1 公斤，氫離子 0.33 公斤。

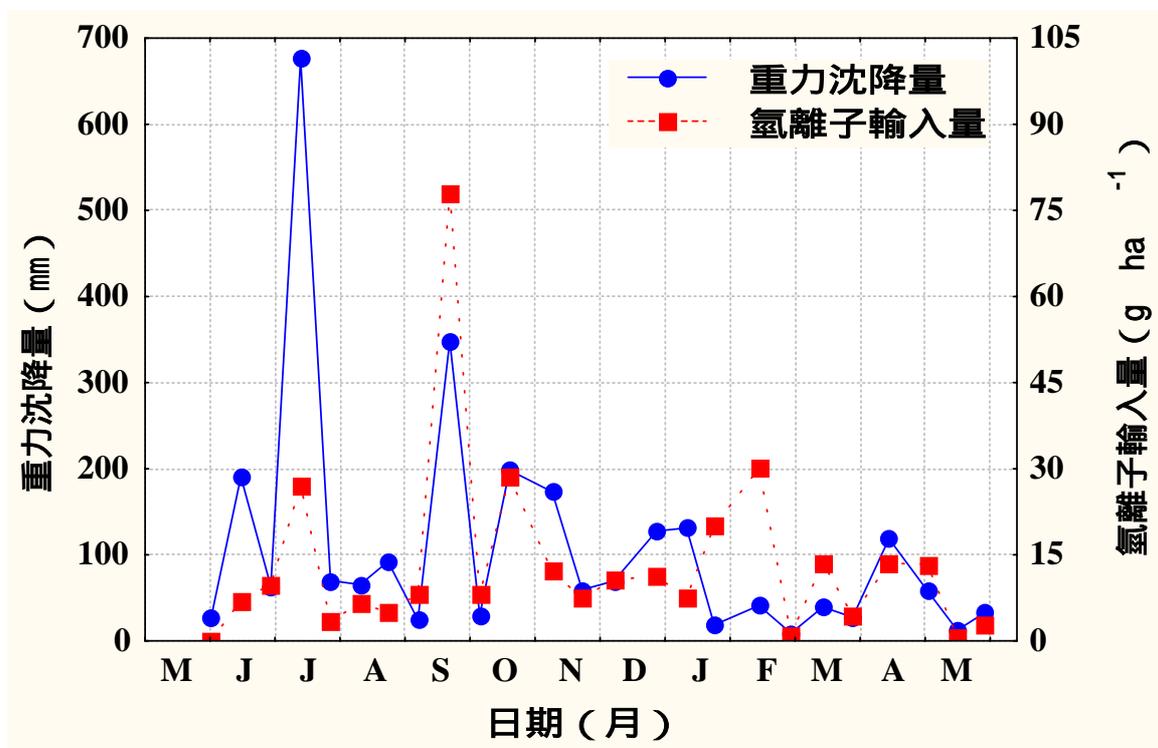


圖 15 重力沈降量與氫離子輸入量變化圖。

表 9 重力沈降之各離子輸入量。自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，十二個月期間，藉重力沈降輸入本研究區之各種離子輸入量。

	重力沈降各離子輸入量 (Kg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
H <sup>+</sup>	0.33
Na <sup>+</sup>	13.7
K <sup>+</sup>	4.9
Ca <sup>2+</sup>	4.9
Mg <sup>2+</sup>	1.1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	2.9
Cl <sup>-</sup>	18.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	1.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S	0.1

表 10 顯示，自 2002 年 9 月至 2003 年 5 月，九個月期間，森林內部與重力沈降之水分、各離子的輸入量與差值。

當重力沈降進入森林內部後，以輸入量而言，水分、氫離子、銨離子、硝酸根離子的量減少，分別為 172 公釐及 0.2、1.3、0.3 公斤，以銨離子最為明顯。其餘離子的增加則以鈉離子為最高，為 20.9 公斤；鉀離子則次之，約為 15 公斤。其次的離子依序為，氯 2.8 公斤、鈣 2.1 公斤、硫酸根離子 0.9 公斤、鎂 1.4 公斤。

以百分比而言，減少的離子仍以銨離子最高，為 58.9%，氫離子為 50%，硝酸根離子為 29.6%，水分則為 11.3%。增加的程度則是以鉀離子為最高，達 1071%，硫酸根離子其次，為 910%，其次依序為，鈉離子 387%、鎂離子 282%、鈣離子 58.4%、氯離子 54.5%。

表 11 顯示，自 2002 年 9 月至 2003 年 5 月，九個月期間，穿落水與幹流水佔森林內部養分總輸入量之比例。可發現，這些離子中，除氫離子藉幹流水輸入所佔的比例較高外，為 33.3%，其餘的離子與水分，95% 以上皆是藉由穿落水所攜帶，輸入到森林內部的土壤。以平均而言，藉穿落水攜帶，輸入森林內部的離子，其佔森林內部之總輸入量比例約為 95%，幹流水則為 5%。

表 10 森林內部與重力沈降之水分及各離子輸入量之差值。(PD：重力沈降，TF：穿落水，SF：幹流水)。

	PD	TF	SF	(TF+SF)-PD	%
水	1521	1289	60	-172	-11.3
H <sup>+</sup>	0.3	0.1	0.050	-0.2	-50.0
Na <sup>+</sup>	5.4	25.7	0.600	20.9	387
K <sup>+</sup>	1.4	16.2	0.200	15.0	1071
Ca <sup>2+</sup>	3.7	5.8	0.060	2.1	58.4
Mg <sup>2+</sup>	0.5	1.9	0.008	1.4	282
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	2.2	0.9	0.004	-1.3	-58.9
Cl <sup>-</sup>	5.1	7.5	0.380	2.8	54.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	1.0	0.7	0.004	-0.3	-29.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S	0.1	1.0	0.010	0.9	910

表 11 穿落水與幹流水佔森林內部養分輸入量之比例(%)。

	穿落水	幹流水
水分	96.6	3.4
H <sup>+</sup>	66.7	33.3
Na <sup>+</sup>	97.7	2.3
K <sup>+</sup>	98.8	1.2
Ca <sup>2+</sup>	99.0	1.0
Mg <sup>2+</sup>	99.6	0.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	99.6	0.4
Cl <sup>-</sup>	95.2	4.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	99.4	0.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	99.0	1.0
平均(離子)	95.0	5.0

圖 16 顯示，自 2002 年 5 月至 2003 年 5 月，重力沈降、穿落水、幹流水之各離子輸入量變化情形。幹流水由於其輸入量極低，故相對於前兩者，變化較不明顯。

陽離子方面，鈉離子在重力沈降中的高峰期是出現在 2002 年的 6、7 兩月份，其次為 2003 年的 3 月；穿落水的高峰期則是在 12 月，且冬季高於春、秋兩季。鉀離子在重力沈降中的高峰期是出現在 2002 年的 6、7 兩月份，其次為 10 月；穿落水則是在 2002 年的 11、12 兩月份為高峰期。鈣離子在重力沈降與穿落水中出現的輸入量高峰期相同，為 2002 年的 9 月份，第二高峰期則為 2002 年的 10 月；大致是以秋季時的輸入量高於其它三季。鎂離子在重力沈降中的高峰期是出現在 2002 年的 7、9 兩月份，其餘月份相似；而穿落水則是秋、冬兩季高於春天。重力沈降所輸入的銨離子於 2003 年的 4 月份出現一個高峰，且夏、秋、冬都各有一個高峰期；而穿落水則是春、秋兩季的輸入量高於冬天。

陰離子方面，重力沈降輸入的氯離子於 2002 年的 7 月份時，出現一個高峰，其次為 2002 年的 9 月、10 月與隔年的 3 月；而穿落水也有相似的起伏變化。硝酸根離子在重力沈降的最高值出現在為 2002 年的 9 月，其次為 2002 年的 7 月，冬、春兩季相似；穿落水的硝酸根離子最大輸入量也是在 2002 年的 9 月份，其次為 8 月與 10 月，冬、春兩季輸入量相似。重力沈降的硫酸根離子輸入量於 2002 年的夏季時較高；而穿落水則是在 2002 年的 9 月輸入量最高，其次 10 月。

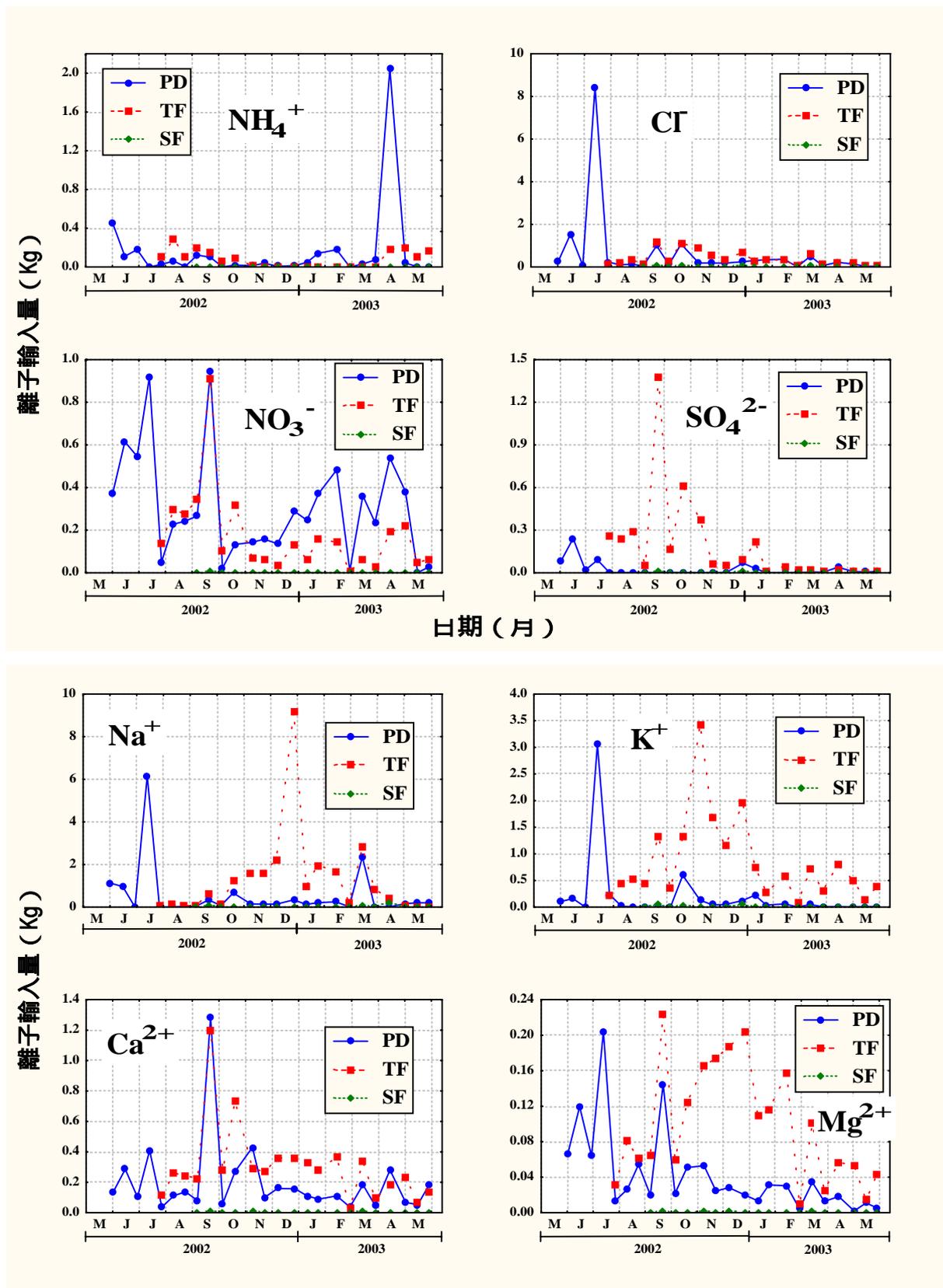


圖 16 重力沉降 (PD)、穿落水 (TF)、幹流水 (SF) 之各種離子輸入量變化圖。

重力沈降之水量與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數如表 12 所示。可發現，在每次的取樣中，水量與各離子的輸入量都呈現出不同程度的變異；且同一種離子，在不同的取樣時間，也有不同的變異。其中，各離子相較之下，平均變異最高的為鉀離子（62.62），其次依序為硫酸根離子（52.65）、銨離子（51.69）、鈉離子（51.46）、鎂離子（49.13）、鈣離子（46.11）、硝酸根離子（27.15）、氯離子（25.57），最低者為氫離子（24.08）。而水量則為 1.37。

表 12 重力沈降（n=3）之水量與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數。

	水量	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
20021003	2.74	44.59	6.35	173	38.29	12.41	-	8.32	74.88	173
20021017	0.21	28.82	25.16	105	45.30	11.52	173	54.93	173.21	-
20021106	0.36	17.21	38.00	12.99	80.71	89.13	23.96	23.47	64.64	-
20021120	-	24.10	11.97	7.27	16.46	54.03	28.96	4.30	22.02	-
20021205	0.60	10.26	5.65	9.09	57.05	48.35	112	5.34	48.29	-
20021225	0.50	15.27	51.09	57.41	19.42	32.14	102	24.03	28.34	94.11
20030108	0.19	64.15	44.98	53.40	24.71	43.26	32.99	32.00	15.37	89.25
20030121	7.35	3.40	8.60	6.01	9.38	5.70	6.36	3.65	4.80	-
20030211	1.57	7.24	5.50	9.77	8.15	25.42	4.91	22.19	2.84	-
20030226	4.54	20.80	130	160	172	173	-	87.02	-	86.83
20030313	1.10	4.71	114	16.89	66.16	39.59	173	77.10	-	173
20030327	0.88	25.45	37.01	91.47	13.58	15.31	50.21	12.47	-	69.86
20030413	0.71	31.46	173	173	62.84	121	76.66	15.15	-	34.39
20030501	-	17.32	135	-	8.96	53.61	42.14	22.51	-	43.30
20030515	0.74	45.71	19.61	3.91	18.96	23.33	-	8.32	-	52.94
20030528	0.49	24.83	15.91	121	94.77	38.03	-	8.29	-	25.23
最小值	-	3.40	5.50	-	8.15	5.70	-	3.65	-	-
最大值	7.35	64.15	173	173	172	173	173	87.02	173	173
平均	1.37	24.08	51.46	62.62	46.11	49.13	51.69	25.57	27.15	52.65

穿落水之水分與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數如表 13 所示。可發現，在每次的取樣中，水量與各離子的輸入量都呈現出不同程度的變異；且同一種離子，在不同的取樣時間，也有不同的變異。其中，各離子相較之下，平均變異最高的為硫酸根離子 (91.79)，其次依序為鈉離子 (77.57)、氫離子 (70.94)、鉍離子 (57.94)、鉀離子 (53.21)、鈣離子 (52.19)、氯離子 (49.37)、硝酸根離子 (45.54)，最低者為鎂離子 (43.37)。而水量則為 24.55。整體而言，相較於重力沉降，水量與大部分的離子都是較高的情形。

表 13 穿落水 (n = 12) 之水量與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數。

	水量	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
20021003	27.46	71.29	85.86	74.03	82.27	72.05	66.84	64.54	56.45	55.36
20021017	22.25	45.12	73.69	75.93	129	56.54	190	69.07	54.57	75.46
20021106	24.31	183	76.69	85.73	37.69	53.23	233	122	63.95	91.34
20021120	20.85	77.70	46.37	53.20	62.29	49.97	-	40.41	86.74	140.77
20021205	27.68	94.38	30.11	52.15	33.27	39.54	-	20.68	128	57.27
20021225	20.34	34.98	40.05	98.26	56.49	47.59	-	115	46.15	74.88
20030108	22.08	46.89	35.07	47.25	19.98	42.91	-	35.92	74.23	99.80
20030121	30.50	102	43.39	42.93	22.03	33.40	-	23.70	54.66	85.56
20030211	23.25	75.93	49.98	55.35	38.65	38.82	-	35.62	72.99	109
20030226	27.91	34.23	70.15	49.94	74.55	61.47	233	68.76	90.63	85.28
20030313	17.48	74.13	106	45.09	38.26	22.03	-	72.74	-	245
20030327	21.39	80.49	26.08	32.56	36.65	35.68	-	23.68	-	81.58
20030413	18.48	49.72	170	31.97	40.29	31.34	62.90	18.22	-	36.57
20030501	22.77	38.78	204	41.14	49.60	33.72	40.30	18.16	-	85.92
20030515	41.29	61.41	60.15	35.40	63.77	33.67	47.11	28.54	-	106
20030528	24.68	64.29	122	30.38	49.67	41.95	52.49	32.72	-	37.15
最小值	17.48	34.23	26.08	30.38	19.98	22.03	-	18.16	-	36.57
最大值	41.29	183	204	98.26	129	72.05	233	122	128	245
平均	24.55	70.94	77.57	53.21	52.19	43.37	57.94	49.37	45.54	91.79

幹流水之水量與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數如表 14 所示。可發現，在每次的取樣中，水量與各離子的輸入量都呈現出不同程度的變異；且同一種離子，在不同的取樣時間，也有不同的變異。其中，各離子相較之下，平均變異最高的為硫酸根離子（125），其次依序為鉀離子（108）、鎂離子（98.21）、鈣離子（95.79）、鈉離子（89.67）、氯離子（89.18）、氫離子（83.48）、銨離子（41.88），最低者為硝酸根離子（28.94）。而水量則為 82.57。整體而言，相較於重力沈降與穿落水，水量與大部分的離子都是較高的情形。

表 14 幹流水 (n = 5) 之水量與各離子輸入量，於各次採樣之變異係數。

	水量	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
20021003	83.18	93.46	116	118	121	107	108	113	87.44	172
20021017	65.17	65.80	60.30	61.65	168	87.06	-	62.58	116	173
20021106	49.92	51.50	79.17	69.48	93.86	63.36	-	75.45	55.85	97.69
20021120	93.53	88.55	89.52	67.04	48.71	61.16	223	96.93	138	130
20021205	66.12	54.52	62.35	59.95	64.53	57.76	-	71.74	65.04	116
20021225	64.90	32.39	58.17	193	43.87	122	-	140	-	78.81
20030108	41.14	38.01	56.21	60.44	154	178	-	40.53	-	56.11
20030121	67.15	58.11	67.92	86.56	15.31	27.54	-	70.85	-	66.09
20030211	145	147	138	96.28	71.00	69.34	-	140	-	196
20030226	68.89	53.04	102	164	79.15	78.95	-	106	-	0
20030313	103	94.52	117	91.20	145	128	-	110	-	218
20030327	126	115	115	77.85	105	136	-	112	-	156
20030413	67.85	57.11	63.35	86.52	45.70	223	67.85	56.19	-	109
20030501	101	115	95.30	106	140	63.73	99.36	92.91	-	134
20030515	82.34	177	74.14	211	100	75.45	73.03	74.82	-	187
20030528	93.62	93.42	136	176	133	91.00	97.87	60.81	-	113
最小值	41.14	32.39	56.21	59.95	15.31	27.54	-	40.53	-	0
最大值	145	177	138	211	168	223	223	140	138	218
平均	82.57	83.48	89.67	108	95.79	98.21	41.88	89.18	28.94	125

### 3.5 雲霧之化學組成

雲霧的 pH 值隨時間的變化極大。若以分層來看，樹冠層上方所收到的雲霧其 pH 值（平均為 4.28）比枝下高（平均為 4.55）與地面（平均為 4.96）都來的低，而後兩者隨時間的變化非常大（圖 17）。

自 2002 年 11 月至 2003 年 5 月，七個月期間，三層不同高度雲霧的各離子濃度如圖 18 所示。以陰陽離子的濃度而論，樹冠層上方、枝下高、地面之氫、鈉、鉀、鈣、鎂、銨離子之平均濃度和則分別為 195、189、247  $\mu\text{eq l}^{-1}$ ；而氯、硝酸根、硫酸根離子的平均濃度和分別為 136、111、94  $\mu\text{eq l}^{-1}$ 。換言之，陰離子的濃度是以樹冠層上方最高，其次依序為枝下高、地面；而陽離子的濃度仍是以樹冠層上方最高，其次依序為地面、枝下高。所以，陰離子由樹冠層往下至地面時，是成一遞減的趨勢，陽離子由樹冠層往下至地面時則是先減後增的情形。

氫、鈉、鈣、硝酸根離子、硫酸根四種離子而言，由樹冠層上方往地面是一遞減的趨勢；鉀離子與鎂離子是為漸增的情形。而銨離子則是先減後增；氯離子為先增後減。

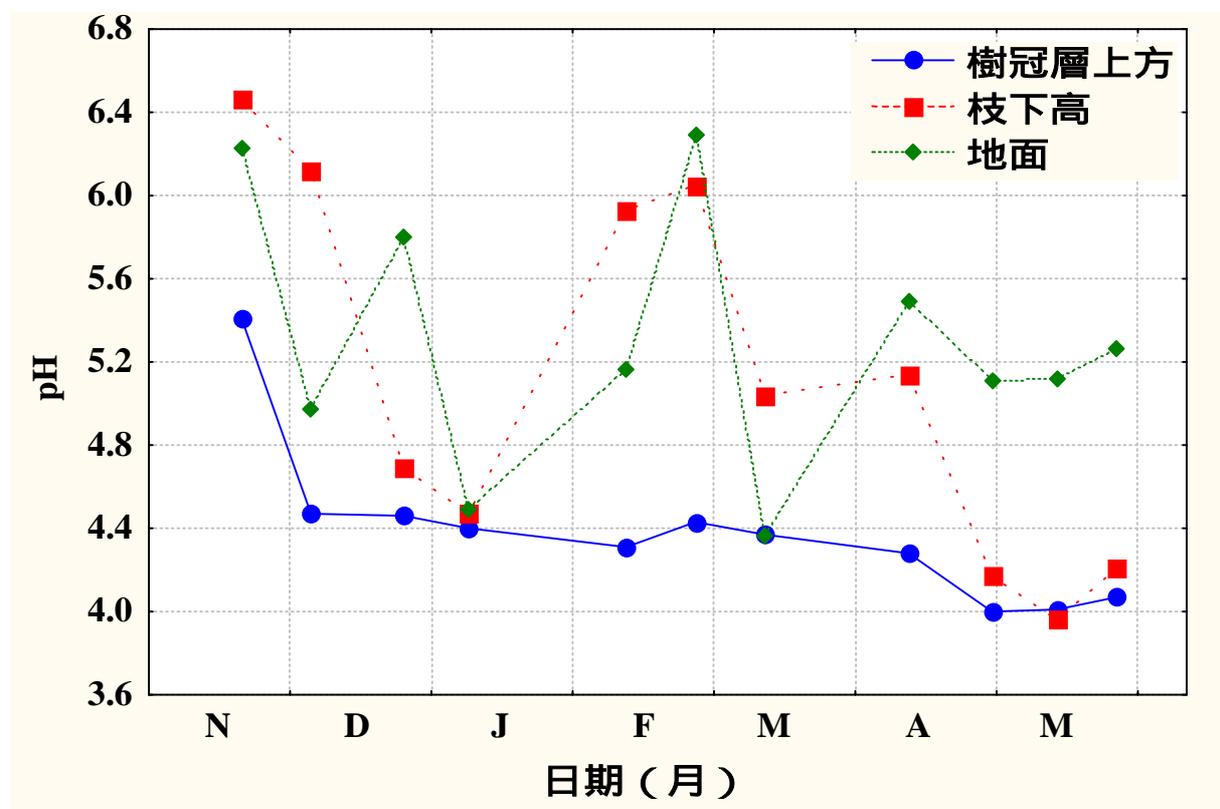


圖 17 三層不同高度雲霧的 pH 值變化圖。

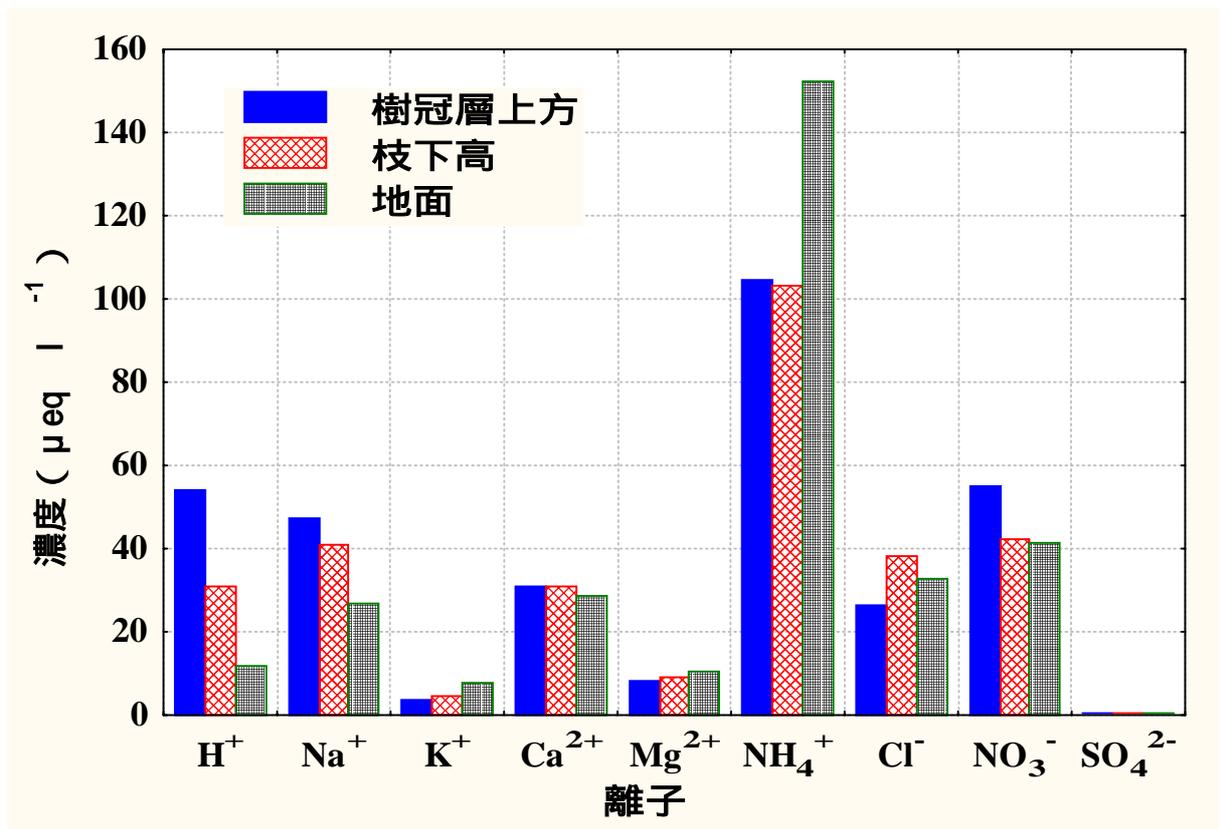
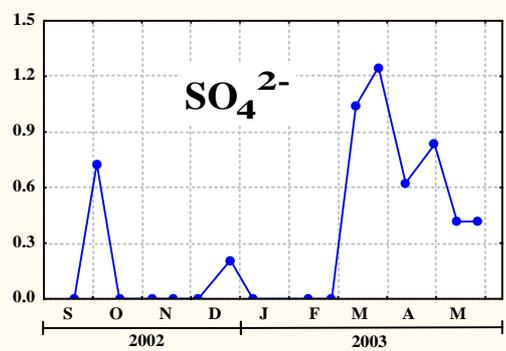
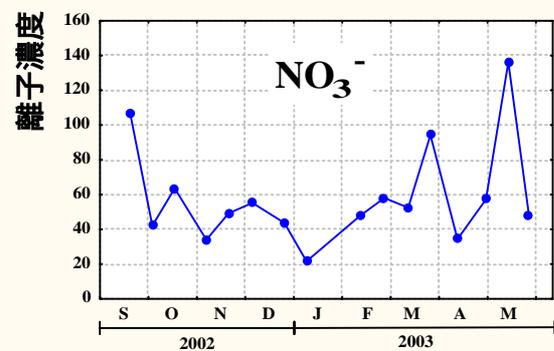
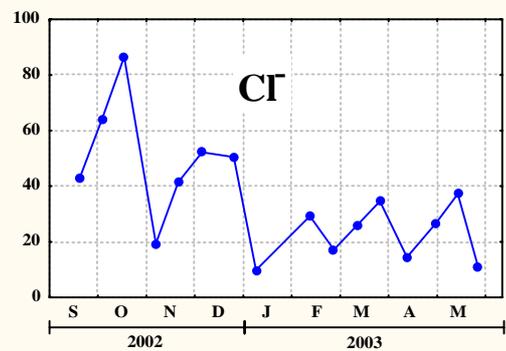
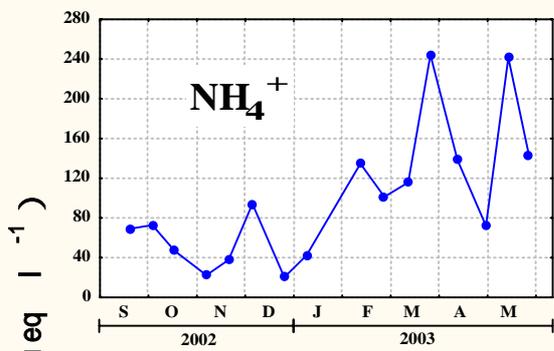
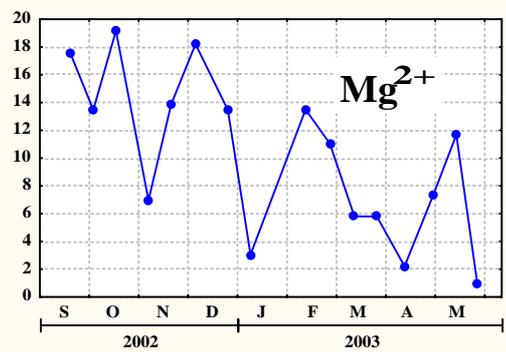
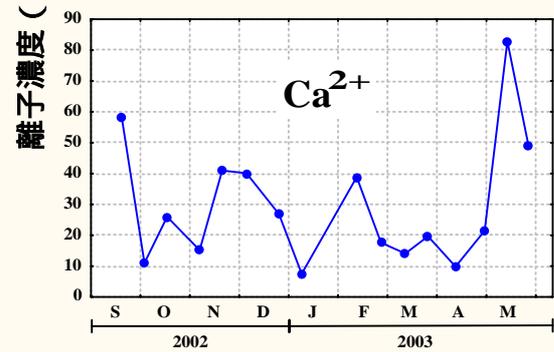
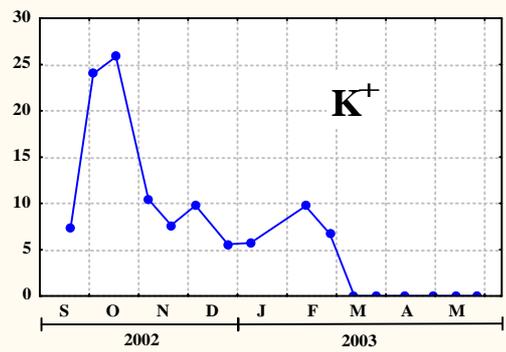
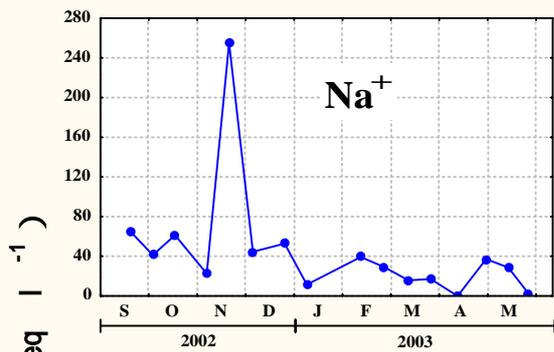


圖 18 三層不同高度雲霧之各離子濃度比較圖。

圖 19 顯示出，於 2002 年 9 月至 2003 年 5 月，八個月期間，雲霧所含之各種離子濃度，其隨時間的變化有非常大之差異。以鈉離子而言，2002 年的 11 月份時的濃度為最高，其餘月份則相似。鉀離子則是在 2002 年秋季時濃度最高，進入冬天、春天後，是呈一遞減的趨勢。鈣離子的濃度則以 2003 年的 5 月份為最高，其次依序為 2002 年的 9 月、11 月與隔年的 2 月。鎂離子、氯離子的變化則非常大，但約略可看出，秋天、冬天、春天，是一遞減的情形。銨離子濃度的變化與鎂離子、氯離子一樣，都非常的大，但其增減趨勢卻是相反，亦即秋天、冬天、春天，是一遞增的現象。至於硝酸根離子，則是春天時的濃度很明顯的比冬天時來的高，但變化很大。而硫酸根離子在春天時的濃度是高於秋、冬兩季。



日期 (月)

圖 19 雲霧所含之各種離子濃度變化圖。

表 15 顯示，自 2002 年 9 月至 2003 年 5 月，九個月期間，雲霧與重力沈降的化學組成差異。雲霧除了導電度比重力沈降高出許多外，其所含的各種離子濃度也都比重力沈降來的高。尤其是鈉離子，高達 110 倍之多，其它離子依序為：鉍 33 倍、鉀 21 倍、硝酸根 19 倍、氫 9 倍、氯 7 倍、鎂 4 倍、鈣 3 倍，差異最小的為硫酸根離子，只有 2 倍。

表 15 重力沈降與雲霧之離子濃度( $\mu\text{eq l}^{-1}$ )與 pH 值、導電度( $\mu\text{s cm}^{-1}$ )比較。(n.d. : not detectable)。

	重力沈降			雲霧		
	中位數	最小值	最大值	中位數	最小值	最大值
H <sup>+</sup>	5.3	3.7	12.9	45.8	3.9	100.0
Na <sup>+</sup>	0.3	n.d.	39.6	33.1	n.d.	254.0
K <sup>+</sup>	0.3	n.d.	12.8	6.2	n.d.	25.8
Ca <sup>2+</sup>	6.4	2.7	8.2	20.6	7.5	82.9
Mg <sup>+</sup>	3.1	1.6	8.2	11.4	0.9	19.2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2.5	n.d.	9.4	83.5	20.3	244.0
Cl <sup>-</sup>	4.8	1.3	35.7	31.9	9.8	86.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.7	1.1	13.9	50.9	21.6	136.0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.4	n.d.	1.1	0.7	n.d.	1.3
pH	5.3	4.9	5.4	4.3	4.0	5.4
Conductivity	9.7	4.3	59.7	43.4	27.8	183

## 4. 討論

### 4.1 重力沈降、穿落水、幹流水之沈降量

目前的資料顯示，本研究區的降雨情形於夏天時受颱風影響極大，而秋天、冬初的沈降量又比入冬後、春天時來的高。這乃因台灣島位於北迴歸線上，是個兼具熱帶與亞熱帶氣候的海島，受海洋影響之故。

比較 Cavelier *et al.* (1997) 所整理之雲霧森林的資料顯示，穿落水量在本研究區佔重力沈降量的比例平均為 84.2%，相近於南美 Colombia 境內的森林 (76%-89%) 與東南亞的 Philippines (85.4%)；較高於中美的 Panama (62.4%)、南美的 Venezuela (79.6%)、太平洋西南的 New Guinea (77.0%) 及非洲的 Tanzania (77.0%)；較低於中美的 Honduras (94.0%)、Jamaica (92.0%)、Puerto Rico (96.2%-125.4%)。

比較 Levia Jr. and Frost (2003) 所整理的資料顯示，幹流水量在本研究區所佔森林內部總沈降量的比例並不高，平均為 3.4%；且變化很大，介於 0.2%-7.4% 之間。此結果較相近於一般的針葉林與闊葉林 (0.94%-15.7%)，而較高於熱帶山地雨林 (tropical montane rainforest; <1.0%-1.99%) 與熱帶乾燥林 (tropical dry forest) (0.6%-0.9%)；低於灌木林 (shrubs) (0.76%-45.0%)。

而穿落水量與幹流水量在世界各地會有上述差異的情形，是受氣候、季節、附生植物、植被種類、樹冠層結構、樹幹斷面積與植物生長週期影響 (Levia Jr., 2003; Levia Jr. and Frost, 2003)。

本研究區的穿落水量與幹流水量佔重力沈降量之比例上的變化以及高於重力沈降的情形，可能是受雲霧的沈降與植物體本身的截留作用所造成。雲霧沈降量的多寡受雲霧覆蓋的頻率、雲霧的液態水含量所影響。當降雨量較少，但雲霧的籠罩時間長或雲霧所攜帶的水量較多時，即有可能造成森林內部的穿落水量與幹流水量兩者和，有高於重力沈降的現象發生。故推論，本研究於 2002 年 10 月份所記錄到，森林內部水量達重力沈降 180% 的情形，可能是受低降雨量與雲霧籠罩時數高所致。

而重力沈降的水分經過樹冠層後，減少量最多者為 2002 年的 9 月份；然就整體而言，秋季的減少量會高於冬、春兩季，可能是因為本研究區於秋天時的降雨量高於冬、春兩季之故。以水分減少的百分比而言，則是冬末與春天時較高；則也可能是因重力沈降量較少之故。而此季節性的差異，本研究目前尚無發現與雲霧的籠罩時間多寡是否有直接的關係。

穿落水量與幹流水量兩者皆與重力沈降量有正相關，其相關係數  $r$  分別為 0.99 與 0.79。代表穿落水量與幹流水量會隨著重力沈降量的增加，而相對性的提高。

而穿落水量與重力沈降量的相關係數會如此高，主要是因為穿落水為重力沈降接觸樹冠層或直接通過樹冠層間隙後，沈降到達森林內地面者。故只要重力沈降所沈降的量或強度足以穿過樹冠層，則即可形成穿落水而到達地面。

但幹流水量並非完全與重力沈降量成正比，當重力沈降的強度達到一定程度時，這些停留於樹冠層上的水因為本身的量較多，故受重力影響較大，便會從樹冠層直接向下滴落形成穿落水，而較不易漫流至主幹形成幹流水(Levia Jr. and Frost, 2003)。反之，當重力沈降的強度過小或沈降量太少時，則其量也不足以形成幹流水。換言之，重力沈降的強度及持續時間適中，則幹流水量相對而言，才會有較高的比例。這即為何穿落水與重力沈降的相關會高於幹流水之故。

## 4.2 雲霧之沈降量

位於樹冠層上方所收得之雲霧量皆較枝下高與地面兩者多，而地面所收得之量又多於枝下高，其三者於採樣期間的平均重量比為 1 : 0.30 : 0.36，目前推測的原因可能是植物體截留作用所造成。樹冠層上方因為無植被的阻擋，故其所收得量會最多。枝下高的位置，因其緊鄰樹冠層，不論雲霧是從森林上方往下沈降或從山下經森林內部飄移進入此樣區，都會因為受樹冠層本身或其附生植物的截留作用而減少。而當部分雲霧是從森林上方往下沈降時，經過樹冠層後便少有植物體的截留，故對於枝下高與地面兩者的影響便較少差異。所以就水平方向而言，地面者因為只有植株主幹部分會造成截留，整個截留面積相對於樹冠層而言較小，故其雲霧量會略高於枝下高。

而本研究區分別在 2002 年 10 月與 2003 年 1 月的兩次記錄中，有森林內部的水分沈降量高於重力沈降的情形，即是由於雲霧沈降所造成。尤以 2002 年 10 月，森林內部所記錄之沈降量更達重力沈降的 180%。故藉雲霧所攜帶而沈降進入本研究區的水分，雖本研究目前無法定量估算，但推論其在總輸入量上所佔的比例可能相當可觀。故本研究區的雲霧沈降可能對此森林的水分輸入、循環與植物生長扮演了一個重要的角色，是為雲霧森林重要特徵之一(Dawson, 1998; Ingraham and Mathews, 1995; Schellekens *et al.*, 1998; Weathers, 1999)。

### 4.3 重力沉降、穿落水、幹流水之化學組成

本研究區穿落水的平均 pH 值會略高於重力沉降，可能是受到乾沉降與樹冠層留存、淋洗作用影響。雖然穿落水所含的硝酸根離子與硫酸根離子濃度總和高於重力沉降；但其鈉、鉀、鈣、鎂、銨離子的濃度皆高於重力沉降，所以可能造成穿落水的 pH 值會高於重力沉降。硝酸根離子與銨離子是植物可直接由葉部吸收利用的氮源（Michopoulos *et al.*, 2001; Fan and Hong, 2001; Stachurski and Zimka, 2002），故穿落水中的硝酸根離子濃度會低於重力沉降；但可能會因植物體吸收銨離子的量未及乾沉降影響來的大，所以其濃度才會比重力沉降高。而植物體吸收硝酸根離子的同時也必須吸收氫離子以維持體內的電中性（Stachurski and Zimka, 2002），且鉀離子的淋洗作用是受氫離子的置換所造成（Michopoulos *et al.*, 2001），所以此兩過程也是使穿落水的氫離子濃度會低於重力沉降的原因。

幹流水方面，雖然其所含硝酸根離子與硫酸根離子濃度總和最低，且其鈉、鉀、鈣、鎂、銨離子的濃度總和也低於穿落水。但可能因為其沉降量極少，在植物體停留時間較長；而將體內、樹皮或其表面之附生植物上所附著的腐植質（humus）中之有機酸溶出之故（Aboal *et al.*, 2002; Fan and Hong, 2001; Nieminen *et al.*, 1999），所以其所含的氫離子濃度才會提高，約達重力沉降及穿落水的 10 倍。

幹流水中所含的鉀、鈣、鎂、銨、硝酸根離子比穿落水來的低，推論可能是因樹幹上的附生植物吸收了這些離子之故，而硫酸根離子也有可能是因地衣的吸收而使濃度降低（Hauck *et al.*, 2002）。本研究區幹流水的硝酸根離子比穿落水來的低，但國外的研究卻有相反的結果，他們發現幹流水的硝酸根離子濃度會比穿落水高，可能是因其表面或樹幹上附生植物所附著的腐植質（Aboal *et al.*, 2002; Fan and Hong, 2001; Nieminen *et al.*, 1999）或微生物活動釋放出硝酸根離子所致。但此並不代表本研究區的扁柏林無此現象，可能是因為樹幹上的附生植物吸收硝酸根離子的量，大於其本身淋洗或腐植質、微生物所釋出的量之故。

當重力沉降經過樹冠層進入森林內部後，氫離子、銨離子、硝酸根離子的輸入量會減少。其原因在於，重力沉降在經過樹冠層後，銨離子、硝酸根離子會被植物體直接吸收利用（Michopoulos *et al.*, 2001; Fan and Hong, 2001; Stachurski and Zimka, 2002）；而氫離子則會將鉀、鈣、鎂離子置換出植物體外。雖然鉀、鈣、鎂離子會在幹流水中再度被植物體吸收，但其影響程度未及穿落水的淋洗作用明顯。另外，乾沉降的附著，也是造成鈉、鉀、鈣、鎂、氯、硫酸根離子增加，很重要的一項因素。

雖然只有氫離子藉幹流水輸入所佔的比例較高，其餘的離子與水分，大部分皆是藉由穿落水所攜帶，輸入到森林內部的土壤。但以平均而言，幹流水在各離子的輸入量方面，尚可達 5%，顯示其對於森林內部養分的輸入，仍具有一定的重要性。

所分析各種離子中，硫酸根離子在自然界的來源為火山 (Veneklaas, 1990) 或海洋 (Fenn and Kiefer, 1999)；人為來源則為冶煉工廠 (Nieminen *et al.*, 1999) 與工業排放 (Fenn and Kiefer, 1999)，其常以乾沈降形式被植物體截留 (Aboal *et al.*, 2002)。

硝酸根離子藉人類活動的來源大都為冶煉工廠 (Nieminen *et al.*, 1999)、農業施肥、石化燃料 (Fenn and Kiefer, 1999; Matson *et al.*, 1999) 或有機體 (biomass) (Clark *et al.*, 1998a) 的燃燒，並可以乾沈降 (Aboal *et al.*, 2002; Balestrini and Tagliaferri, 2001) 或濕沈降 (Michopoulos *et al.*, 2001) 的形式被植物體截留於體表。但本研究尚無法確認此兩種離子的來源，然因為樣區周圍與山下並無大型工業區，也無大量之車流量，故硝酸根離子與硫酸根離子的來源，目前推論可能為其它縣市工業或交通工具的排放。

而研究區山下的蘭陽平原為台灣重要的農產與畜產區，故推測除農業的施肥外 (Fenn and Kiefer, 1999; Matson *et al.*, 1999)，家畜、家禽的飼養，亦為銨離子的主要來源。其以乾沈降 (Aboal *et al.*, 2002; Balestrini and Tagliaferri, 2001) 或濕沈降 (Michopoulos *et al.*, 2001) 的形式被植物體截留於體表。

鈉離子與氯離子則大都來自海洋 (Farrell *et al.*, 1998; Michopoulos *et al.*, 2001; Rodrigo *et al.*, 2003)，且不被植物所利用。鉀離子少部分來自於海洋，大部分是因植物體本身受淋洗作用而釋出 (Aboal *et al.*, 2002; Balestrini and Tagliaferri, 2001; Draaijers *et al.*, 1997; Nieminen *et al.*, 1999; Stachurski and Zimka, 2002; Michopoulos *et al.*, 2001)。所以於本研究中可發現，鉀離子在森林內部增加的百分比為所有離子中最高者，也代表鉀離子是最容易受雨水淋洗出的離子。鈣離子來源大部分都自於乾沈降 (Nieminen *et al.*, 1999; Rodrigo *et al.*, 2003)、岩石風化作用 (Liu *et al.*, 2003) 和建築、道路的施工。鎂離子除受海洋影響外，粉塵、岩石風化 (Armbruster *et al.*, 2002) 及乾沈降 (Nieminen *et al.*, 1999; Rodrigo *et al.*, 2003) 也是重要的來源之一。

一般而言，當沈降水量高時，較多的水分所造成的稀釋作用，會使水中所含的離子濃度相對性的降低 (Levia Jr., 2003; Veneklaas, 1990)，導電度也會隨之降低。但本研究結果顯示，水量與離子濃度間的相關程度皆很低，且有些離子濃度與水量是呈現正相關。而藉重力沈降所攜帶進入本研究區內的氫離子量，雖會隨著沈降水量的增加而隨之增加，但其間的相關也不顯著，且在冬末、春初時，反而有相反的情形。

若單只以陰陽離子的濃度而言，兩者的濃度與重力沈降量的相關係數  $r$  皆為 0.06，而陰陽離子之間的相關係數  $r$  則為 0.68。除在 2002 年的 6 月份時，推測可能是人為或其它污染，使陽離子出現了一個極高的濃度值，其餘採樣時間所測得之陰陽離子濃度值，皆非常接近。

導電度、各離子濃度與水量間的相關不顯著，除了可能是因取樣次數不夠多外，乾沈降、空氣中的懸浮粒子、雲霧沈降、降雨的持續時間與頻率、截留流失、雨滴的粒徑與含水量皆可能為重要的影響因素 (Aboal *et al.*, 2002)。當沈降量較高，但降雨前曾有大量的乾沈降附著於植物體表，或空氣中所懸浮的粉塵較多時，皆有可能造成其所含離子濃度高於低沈降量、低乾沈降量時的現象發生。而在沈降量相同的情況下時，當沈降持續時間較久、間隔時間較短、雨滴含水量較多者，則其所含離子濃度會較低；反之，當沈降持續時間較短、間隔時間較長、雨滴含水量較少者，則其所含離子濃度會較高。而穿落水 (Hansen, 1996) 與幹流水 (Levia Jr. and Frost, 2003) 則還會受到植物生長週期與雨水 pH 值的影響。

而雲霧所造成的影響方面，因為本研究區雲霧沈降所攜帶的水分会造成森林內部的水分沈降量高於重力沈降，且所含之離子濃度又較重力沈降高，故可能在總輸入量上佔有很高的比例。所以雲霧沈降所帶來的影響，是不容忽略；而其影響程度大小的因素包括降雨時雲霧的籠罩持續時間與出現頻率。亦即，當降雨並有雲霧籠罩時，雨水在沈降的過程中，會將雲霧一同攜帶下來，而使得重力沈降、穿落水、幹流水的離子濃度提高。而雲霧籠罩的時間越長，此現象可能會更明顯。

表 16 比較本研究區、福山、關刀溪之重力沈降的各離子濃度 (Lin *et al.*, 2000；劉瓊霏與許博行, 1999)。本研究區的氫離子濃度相較於此兩研究站，是呈現較低的情形。而硝酸根離子及硫酸根離子兩者的濃度也較此兩研究站低，故本研究區的酸沈降狀況並未及此兩區明顯。而氯離子與鹼性陽離子的沈降濃度，則是以福山最高，關刀溪最低。雖然福山與本研究區相距不遠，且年雨量相近，但可能因其離人口密集之宜蘭市區較近，且海拔較低；而本研究區則較為偏離市區，且海拔較高。故本研究區重力沈降中所挾帶的懸浮粒子或粉塵會比福山來的少，所以，本研究區所測得之鹼性陽離子濃度才會比福山低。

表 16 本研究區、福山、關刀溪之重力沈降的各離子濃度比較 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ )。(引自 Lin *et al.*, 2000 ; 劉瓊霖和許博行, 1999)

	本研究區	福山	關刀溪
日期	May.2002-May.2003	Aug.1993-Aug.1994	Jan.1996-Dec.1997
海拔高度 ( m )	1,670	670-1,100	700-1,675
年雨量 ( mm )	2,706	3350	2,822
年均溫 ( )	13	18	21
H <sup>+</sup>	6.2	78.5	37.7
Na <sup>+</sup>	31.8	161.7	7.6
K <sup>+</sup>	5.5	25.3	2.4
Ca <sup>2+</sup>	8.0	96.6	18.1
Mg <sup>+</sup>	6.1	51.9	4.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	12.9	67.3	15.5
Cl <sup>-</sup>	18.8	254.2	14.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.2	53.5	15.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.2	168.2	32.4

表 17 則比較本研究區、福山、關刀溪之穿落水的各離子濃度與佔重力沈降量的比例 ( Lin *et al.*, 2000 ; 劉瓊霖和許博行, 1999 )。相較之下，關刀溪的次生闊葉林與天然闊葉林所含的氫離子濃度是最低的，以關刀溪的杉木林為最高。而關刀溪穿落水所含之硝酸根離子與硫酸根離子的濃度總和是介於 80-110  $\mu\text{eq l}^{-1}$  之間；而福山高達 215 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，本研究區則為 9.1  $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，與此兩研究站相較之下，明顯地低很多。

以鉀離子的濃度而言，福山的天然闊葉林的濃度為最高，達 165 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ；而關刀溪的天然闊葉林與次生闊葉林則為 96  $\mu\text{eq l}^{-1}$  與 110  $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，顯示此三區的淋洗作用最為明顯。而本研究區的鉀離子濃度只有 30  $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，與關刀溪杉木林的 46  $\mu\text{eq l}^{-1}$  較為接近。氯離子與鹼性陽離子的濃度也是與鉀離子有相同的情形，亦即福山天然闊葉林的濃度為最高，關刀溪的次生闊葉林、天然闊葉林次之，關刀溪的杉木林再次之，本研究區的扁柏林則為最低。

若忽略各研究區植物種類組成與乾沈降差異所造成的影響，依上述推論，本研究區可能是因硝酸根離子與硫酸根離子在重力沈降中的濃度較福山與關刀溪兩研究站來的低，故植物受雨水中氫離子淋洗作用，所釋放鹼性陽離子的現象較不明顯。而比較福山與關刀溪兩研究站，可發現闊葉林的淋洗現象會比針葉林明顯。換言之，闊葉樹比針

葉樹更具酸沈降的中和能力，且在福山會比關刀溪更為顯著。但此結果並不表示針葉樹缺乏對酸的中和能力，也許其對氫離子的留存的能力與其所淋洗釋放之有機酸的現象有關，也或許其所釋出之有機酸比闊葉樹更形明顯之故。

而穿落水佔重力沈降的比例是以福山為最高，為 92%；其次為本研究區的 84%；關刀溪的杉木林、次生闊葉林、天然闊葉分別為 77%、76%、74%，平均為 76%，是三區中最低者。若再加上表 18 幹流水所佔的比例，本研究區森林內的沈降量佔重力沈降的 87%；關刀溪的杉木林、次生闊葉林、天然闊葉林則分別為 91%、81%、77%。由於福山並無幹流水的資料紀錄，故先忽略不計。所以在不考慮雲霧沈降的狀況下，截留流失量的比例是以關刀溪的天然闊葉林為最高，達 23%；其次為關刀溪的次生闊葉林 19%與本研究區扁柏林為 13%；關刀溪的杉木林與福山則最低，為 9%與 8%。造成此差異的原因，推論可能是植物種類組成、附生植物與氣候的影響所造成。

表 17 本研究區、福山、關刀溪之穿落水的各離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與佔重力沈降量的比例 (%) 比較。(引自 Lin *et al.*, 2000；劉瓊霏和許博行, 1999)。

	本研究區	福山	關刀溪		
日期	Jun.2002- May.2003	Aug.1993- Aug.1994	Jan.1996- Dec.1997		
海拔高度 (m)	1,670	670-1,100	700-1,675		
年雨量 (mm)	2,706	3,350	2,822		
年均溫 ( )	13	18	21		
植被類型	扁柏林	天然闊葉林	杉木林	次生闊葉林	天然闊葉林
H <sup>+</sup>	7.3	11.7	38.6	4.5	3.1
Na <sup>+</sup>	76.7	229.3	10.4	27.2	8.1
K <sup>+</sup>	30.3	165.2	46.0	110.2	96.0
Ca <sup>2+</sup>	21.8	196.0	42.5	44.8	49.8
Mg <sup>+</sup>	11.7	129.9	29.1	53.1	40.1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	6.3	68.2	26.2	29.9	35.3
Cl <sup>-</sup>	16.0	338.3	41.8	38.8	24.0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.0	30.3	50.4	52.0	29.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5.1	185.1	41.8	56.0	50.6
佔重力沈降比例	84	92	77	76	74

表 18 比較本研究區與關刀溪之幹流水的各離子濃度與佔重力沈降量的比例（劉瓊霏和許博行，1999）。相較之下，關刀溪杉木林所含之氫離子、硝酸根離子與硫酸根離子的濃度，很明顯比其它三區高出許多。而本研究區的扁柏林之氫離子濃度又較高於關刀溪的次生闊葉林與天然闊葉林；硝酸根離子、硫酸根離子濃度則較低。

此表可以發現，針葉林內幹流水的氫離子濃度皆是高於闊葉林，且杉木林又比扁柏林高出許多，達將近 5 倍。會造成杉木林內幹流水較高的氫離子濃度，可能是受硝酸根離子與硫酸根離子所影響；但本研究區的扁柏林之硝酸根離子、硫酸根離子濃度是四區中最低的。故可再推論，針葉樹種其樹幹表面的有機酸，除含量可能會比闊葉樹種高外，體內之有機酸受雨水的淋洗釋出的情形，也可能比闊葉樹種明顯；而此結果與穿落水的情形相似。

幹流水所含鹼性陽離子的總和濃度，則是關刀溪的杉木林、天然闊葉林的濃度為最高，關刀溪的次生闊葉林次之，本研究區的扁柏林則為最低。推測此結果應是受附生植物、淋洗作用與乾沈降影響，所產生的差異。

至於幹流水佔重力沈降的比例，則是以關刀溪的杉木林為最高，達 14%；而本研究區的扁柏林與關刀溪天然闊葉林、次生闊葉林相近，約在 3%-5% 之間。造成此差異的原因，推測可能是因為受植物體本身的物理特性影響所致。這些因素包括了樹冠層的幾何結構、枝條的傾斜程度、樹幹斷面積與植物生長週期（Levia Jr. and Frost, 2003）。關刀溪的杉木林因為其枝條分叉少、冠層較稀疏、樹皮有多層粗纖維，使其能在降雨時截留住較多的水分而形成幹流水（劉瓊霏和許博行，1999）。

整體言之，本研究區的硝酸根離子與氫離子之濃度與輸入量皆比福山與關刀溪低，代表氮在本研究區的沈降量較此兩研究站少。而此現象是否造成台灣扁柏或其它植物的生長限制，或顯示台灣扁柏對氮元素的低需求量，是本研究目前無法推論。故持續對本研究區的氮元素循環或台灣扁柏的生理、生態，進行更詳細與整體性的研究，應是未來亟待進一步研究之課題。

至於本研究區所測得低濃度、低輸入量之硫酸根離子的現象，除可能代表本研究區受人為污染的影響程度非常微小外；本研究分析離子濃度所使用之儀器，於過程中有發現其對硫酸根離子之訊號偵測，相較於其它離子，敏感度有偏弱的現象，特別於低濃度時更為明顯，故也可能是造成本研究區硫酸根離子低濃度、低輸入量的原因之一。所以，若未來能再增添設備，提高此分析儀器偵測低離子濃度的敏感度，或將樣品送至其它實驗單位進行重複分析，將更能提升研究數據的精確性。

表 18 本研究區與關刀溪之幹流水的各離子濃度( $\mu\text{eq l}^{-1}$ )與佔重力沈降量的比例(%)比較。(引自劉瓊霏和許博行, 1999)。

日期	本研究區		關刀溪	
	Aug.2002- May.2003		Jan.1996-Dec.1997	
海拔高度 ( m )	1,670		700-1,675	
年雨量 ( mm )	2,706		2,822	
年均溫 ( )	13		21	
植被類型	扁柏林	杉木林	次生闊葉林	天然闊葉林
H <sup>+</sup>	82.8	428.2	4.2	2.3
Na <sup>+</sup>	42.2	30.7	11.3	13.6
K <sup>+</sup>	8.1	66.6	102.5	95.5
Ca <sup>2+</sup>	5.2	94.3	71.7	96.0
Mg <sup>+</sup>	1.2	61.2	38.5	33.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5	57.4	32.1	53.8
Cl <sup>-</sup>	17.9	163.2	31.9	41.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.5	57.3	27.5	21.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.0	117.8	42.0	64.6
佔重力沈降比例	3	14	5	3

#### 4.4 雲霧之化學組成

本研究區雲霧之 pH 值隨時間的變化極大。若以分層來看，樹冠層上方所收到的雲霧，其 pH 值比地面與枝下高來的低；而在枝下高與地面，其差異性很大。可能因樹冠層上方含有較高濃度的硝酸根離子與硫酸根離子，故其 pH 會呈現出較低的值。地面的鹼性陽離子會略高於枝下高，則可能是因雲霧在經過地面時，受地表土壤粉塵所影響，特別以銨離子最為明顯。

而此三層雲霧所含之陰離子的濃度，都比陽離子來的低。然本研究所只針對氯、硝酸根與硫酸根三種陰離子進行濃度測定，尚未對有機酸進行分析。而有機酸於雲霧中仍佔有一定的比例 (Fuzzi *et al.*, 2002)，故推測可能是未將有機酸的影響計算在內，使得雲霧中陰離子的濃度會低於陽離子。

雲霧所含的氫、鈉、鈣、硝酸根、硫酸根離子濃度由樹冠層往下至地面時，是呈現遞減的趨勢，而銨離子則是先減後增；氯離子為先增後減。這些離子濃度的增減現象皆可能是受到樹冠層本身及附生植物截留、吸附所造成。雖植物體並無法對雲霧所含的

各種離子進行選擇性的截留，但可能對不同粒徑的雲霧有不同程度的截留，而不同粒徑的雲霧其所含的離子可能不盡相同。但本研究尚未依粒徑大小對此三層的雲霧進行採樣，故目前仍無法得知其詳細原因。

本研究發現，雲霧除了導電度比重力沈降高出許多外，其所含的各種離子濃度也都比重力沈降來的高，與許多研究有相似的結果 ( Bridges *et al.*, 2002; Igawa *et al.*, 2002; Thalmann *et al.*, 2002; Weathers, 1999; Weathers *et al.*, 2000; Zimmermann and Zimmermann, 2002 )。主要是因雲霧與雨滴相較，其粒徑較小，所含的水量較少，才造成各種離子濃度比重力沈降來的高。所以藉雲霧所攜帶而沈降進入本研究區之各種離子，其在總輸入量上所佔的比例可能相當可觀。故推論本研究區的雲霧沈降可能對此森林的養分輸入、循環與植物生長扮演了一個重要的角色。

表 19 是將本研究所測得之雲霧所含的各離子濃度與 Chang *et al.* ( 2002 ) 於鴛鴦湖保留區內所做的研究進行比較。可發現，以中位數而言，鴛鴦湖保留區的氫、鉀、鈣、鎂、氯、硫酸根離子的濃度是較高於本研究區；導電度也較高，而 pH 值則相等，但目前並無法推論造成此結果差異的原因為何。

表 19 本研究區與鴛鴦湖保留區雲霧離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與 pH 值、導電度 ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ) 比較。(引自 Chang *et al.*, 2002)。(n.d. : not detectable)。

	本研究 Sep.2002-May.2003			鴛鴦湖保留區 Jun.2002-Jun.2003		
	中位數	最小值	最大值	中位數	最小值	最大值
H <sup>+</sup>	45.8	3.9	100.0	52.0	0.02	468.0
Na <sup>+</sup>	33.1	n.d.	254.0	29.5	3.6	169.5
K <sup>+</sup>	6.2	n.d.	25.8	9.0	n.d.	29.3
Ca <sup>2+</sup>	20.6	7.5	82.9	30.0	3.1	228.6
Mg <sup>+</sup>	11.4	0.9	19.2	12.9	1.5	66.7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	83.5	20.3	244.0	22.2	n.d.	292.4
Cl <sup>-</sup>	31.9	9.8	86.5	34.3	2.2	206.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50.9	21.6	136.0	27.9	n.d.	251.4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.7	n.d.	1.3	108.1	9.1	744.8
pH	4.3	4.0	5.4	4.3	3.3	7.8
Conductivity	43.4	27.8	183	62	10	326

## 5. 結論

本研究區受雲霧沈降的影響，有兩次森林內部之水分沈降量高於重力沈降的紀錄。重力沈降、穿落水、幹流水三者間的化學組成有差異，是受乾沈降與植物體所影響。而各種離子在此三種水樣中之濃度與水量間的相關非常的不明顯。

當重力沈降進入森林內部後，以輸入量而言，水分、氫離子、銨離子、硝酸根離子的量減少，以銨離子最為明顯。其餘離子的增加量則以鈉離子為最高，鉀離子則次之，其次依序為氯、鈣、硫酸根、鎂離子。

以百分比而言，減少的離子仍以銨離子最高，氫離子次之，再其次為硝酸根離子。增加的程度則是以鉀離子為最高，硫酸根離子其次，其次依序為，鈉離子、鎂離子、鈣離子、氯離子；顯示鉀離子為最容易被淋洗出植物體外的離子。

雖然只有氫離子藉幹流水輸入所佔的比例較高，其餘的離子與水分，95%以上是藉由穿落水所攜帶，輸入到森林內部的土壤。但以平均而言，幹流水在各離子的輸入量方面，尚可達5%，顯示其對於森林內部養分的輸入，仍具有一定的重要性。

本研究區的乾沈降及酸沈降的濃度，相較於福山與關刀溪兩研究站是偏低的情形。闊葉林的淋洗現象會比針葉林明顯，顯示闊葉樹比針葉樹更具酸沈降的中和能力。但並不表示針葉樹缺乏對酸的中和能力，也許其對氫離子的留存能力與其所淋洗釋放之有機酸的現象有關，也或許其所釋出之有機酸比闊葉樹更形明顯之故。

雲霧除了導電度比重力沈降高出許多外，其所含的各種離子濃度也都比重力沈降來的高。而在森林不同高度的雲霧量與化學組成有差別，推測是由於受植物體截留影響所致。

採樣期間，因為有森林內部的水分沈降高於重力沈降的情形，且雲霧所含的各種離子濃度也都比重力沈降來的高。故推論本研究區雲霧沈降所攜帶的水分與離子，可能在總輸入量上佔有很高的比例，對本研究區森林的水分、養分循環與植物生長扮演重要的角色。

## 6. 致謝

感謝張老師兩年來耐心的指導與協助，謝謝夏老師與福山的同仁協助氣象塔的搭建。而實驗室的伙伴，青峰、美娟、敏如、勻謙、振華、哲明及正偉、宇軒，感謝各位於本研究進行中所給予的一切幫助與鼓勵。

## 7. 引用文獻

- 李學勇 , 1988。 扁柏屬 ( *Chamaecyparis* ) 之雌性生殖器官。 現代育林 3 , 3-14。
- 林光清、洪富文、程煒兒、蔣先覺和張雲翔 , 1996。 福山試驗林土壤調查與分類。 台灣林業科學 11 , 159-174。
- 林國銓 , 1997。 福山闊葉林枯落物及枝葉層之動態變化。 台灣林業科學 12 , 135-144。
- 林國銓、張乃航、王巧萍和劉瓊靄 , 2002。 福山闊葉林四種綠葉的分解及氮動態變化。 台灣林業科學 17 , 75-85。
- 洪富文和程煒兒 , 1996。 福山闊葉林生態系的土壤養分庫及其有效養分動態。 台灣林業科學 11 , 465-473。
- 夏禹九、王立志、黃正良和金恆鏞 , 1996。 森林集水區坡地徑流路徑之研究。 台灣林業科學 11 , 481-486。
- 陸象豫、唐凱軍、古秀宇和黃惠雪 , 2000。 林業試驗所各林區氣候概況。 台灣林業科學 15 , 429-440。
- 彭令豐 , 1988。 棲蘭山檜木天然更新造林之實施及現況。 現代育林 3 , 20-23。
- 劉瓊靄和許博行 , 1997。 台灣中部雨水與三種林分穿落水的化學組成。 台灣林業科學 12 , 379-386。
- 劉瓊靄和許博行 , 1999。 幹流水和穿落水的水量及水質在三種林分的變化。 林業研究季刊 21 , 51-59。
- Aboal, J.R., M.S. Jiménez, D. Morales and P. Gil, 2000. Effects of thinning on throughfall in Canary Islands pine forest – the role of fog. *Journal of Hydrology* 238, 218-130.
- Aboal, J.R., M.S. Jiménez, D. Morales and J.M. Hernández, 2002. Net below canopy fluxes in Canarian laurel forest canopies. *Journal of Hydrology* 264, 201-212.
- Acker, K., D. Möller, W. Wieprecht, D. Kalaß and R. Auel, 1998. Investigations of ground-based clouds at the Mt. Brocken. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 361, 59-64.
- Adams, M.B., J.A. Burger, A.B. Jenkins and L. Zelazny, 2000. Impact of harvesting and atmospheric pollution on nutrient depletion of eastern US hardwood forests. *Forest Ecology and Management* 138, 301-319.

- Anderson, J.B., R.E. Baumgardner, V.A. Mohnen and J.J. Bowser, 1999. Cloud chemistry in the eastern United States, as sampled from three high-elevation sites along the Appalachian Mountains. *Atmospheric Environment* 33, 5105-5114.
- Armbruster, M., J. MacDonald, N.B. Dise and E. Matzner, 2002. Throughfall and output fluxes of Mg in European forest ecosystem: a regional assessment. *Forest Ecology and Management* 164, 137-147.
- Asdak, C., P.G. Jarvis, P. van Gardingen and A. Fraser, 1998. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology* 206, 237-244.
- Balestrini, R., L. Galli, A. Tagliaferri and G. Tartari, 1998. Study on throughfall deposition in two Italian north forest sites (Valtellina, Lombardy). *Chemosphere* 36, 1095-1100.
- Balestrini, R. and A. Tagliaferri, 2001. Atmospheric deposition and canopy exchange processes in alpine forest ecosystems (northern Italy). *Atmospheric Environment* 35, 6421-6433.
- Bauer, H., A. Kasper-Giebl, M. Löflund, H. Giebl, R. Hizenberger, F. Zibuschka and H. Puxbaum, 2002. The contribution of bacteria and fungal spores to the organic carbon content of cloud water, precipitation and aerosols. *Atmospheric Research* 64, 109-119.
- Błaś, M., M. Sobik, F. Quiel and P. Netzel, 2002. Temporal and spatial of fog in the Western Sudety Mts., Poland. *Atmospheric Research* 64, 19-28.
- Bridges, K.S., T.D. Jickells, T.D. Davies, Z. Zeman and I. Hunova, 2002. Aerosol, precipitation and cloud water chemistry observations on the Czech Krusne Hory plateau adjacent to a heavily industrialized valley. *Atmospheric Environment* 36, 353-360.
- Bruijnzeel, L.A. and J. Proctor, 1994. Hydrology and biochemistry of tropical montane cloud forest: What do we really know? In: *Tropical Montane Cloud Forests*, L.S. Hamilton, J.O. Juvik and F.N. Scatena Editors. Springer-Verlag, New York. 38-78.
- Butler, T.J. and G.E. Likens, 1995. A direct comparison of throughfall plus stemflow to estimates of dry and total deposition for sulfur and nitrogen. *Atmospheric Environment* 29, 1253-1265.

- Campbell, J.L., J.W. Hornbeck, W.H. McDowell, D.B. Buso, J.B. Shanley and G.E. Likens, 2000. Dissolved organic nitrogen budgets for upland, forested ecosystems in New England. *Biogeochemistry* 49, 123-142.
- Cavelier, J., M. Jaramillo, D. Solis and D. de León, 1997. Water balance and nutrient inputs in bulk precipitation in tropical montane cloud forest in Panama. *Journal of Hydrology* 193, 83-96.
- Cereceda, P., P. Osses, H. Larrain, M. Farías, M. Lagos, R. Pinto and R.S. Schemenauer, 2002. Advective, orographic and radiation fog in the Tarapacá region, Chile. *Atmospheric Research* 64, 261-271.
- Chang, S.C., 1999. The effect of stemflow on element fluxes and soil nitrogen transformations in a mixed beech/oak stand in the Steigerwald, Germany. *Bayreuther Forum Ökologie* 72, doctoral dissertation.
- Chang, S.C., I.L. Lai and J.T. Wu, 2002. Estimation of fog deposition on epiphytic bryophytes in a subtropical montane forest ecosystem in northeastern Taiwan. *Atmospheric Research* 64, 159-167.
- Chen, J.S. and C.Y. Chiu, 2000. Effect of topography on the composition of soil organic substances in a perhumid sub-tropical montane forest ecosystem in Taiwan. *Geoderma* 96, 19-30.
- Chiu, C.Y., S.Y. Lai, C.J. Wang and Y.M. Lin, 1999a. Transfer of  $^{137}\text{Cs}$  from soil to plants in a wet montane forest in subtropical Taiwan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 239, 511-515.
- Chiu, C.Y., S.Y. Lai, Y.M. Lin and H.C. Chiang, 1999b. Distribution of the radionuclide  $^{137}\text{Cs}$  in the soils of a wet mountainous forest in Taiwan. *Applied Radiation and Isotopes* 50, 1097-1103,
- Chou, C.H., T.Y. Chen, C.C. Liao and C.I. Peng, 2000. Long-term ecological research in the Yuanyang Lake forest ecosystem . vegetation composition and analysis. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, 61-72.

- Clark, K.L., N.M. Nadkarni, D. Schaefer and H.L. Gholz, 1998a. Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 14, 27-45.
- Clark, K.L., N.M. Nadkarni, D. Schaefer and H.L. Gholz, 1998b. Cloud water and precipitation chemistry in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Atmospheric Environment* 32, 1595-1603.
- Collett Jr, J.L., K.J. Hoag, D. Eli Sherman, A. Bator and L.W. Richards, 1999. Spatial and temporal variation in San Joaquin Valley fog chemistry. *Atmospheric Environment* 33, 129-140.
- Collett Jr, J. L., A. Bator, D. E. Sherman, K. F. Moore, K. J. Hoag, B. B. Demoz, X. Rao and J. E. Reill,y2002. The chemical composition of fogs and intercepted clouds in the United States. *Atmospheric Research* 64, 29-40.
- Dawson, T.E., 1998. Fog in the California redwood forest: ecosystem inputs and use by plants. *Oecologia* 117, 476-485.
- Demoz, B.B., J.L. Collett Jr and B.C. Daube Jr, 1996. On the caltech active strand cloudwater collectors. *Atmospheric Research* 41, 47-62.
- Draaijers, G.P.J., J.W. Erisman, T. Spranger and G.P. Wyers, 1996. The application of throughfall measurements for atmospheric deposition monitoring. *Atmospheric Environment* 30, 3349-3361.
- Draaijers, G.P.J., J.W. Erisman, N.F.M. Van Leeuwen, F.G. Römer, B.H. Te Winkel, A.C. Veltkamp, A.T. Vermeulen and G.P. Wyers, 1997. The impact of canopy exchange on differences observed between atmospheric deposition and throughfall fluxes. *Atmospheric Environment* 31, 387-397.
- Editorial Committee of the Flora of Taiwan , 1994. *Flora of Taiwan*, 2ndEd., Volume one, 586-588. Taipei.
- Elbert, W., M.R. Hoffmann, M. Krämer, G. Schmitt and M.O. Andreae, 2000. Control of solute concentration in cloud and fog water by liquid water content. *Atmospheric Environment* 34, 1109-1122.

- Fan, H.B. and W. Hong, 2001. Estimation of dry deposition and canopy exchange in Chinese fir plantations. *Forest Ecology and Management* 147, 99-107.
- Farrell, E.P., R. Van Den Beuken, G.M. Boyle, T. Cummins and J. Aherne, 1998. Interception of seasalt by coniferous and broadleaved woodland in a maritime environment in western Ireland. *Chemosphere* 36, 985-987.
- Fenn, M.E. and A. Bytnerowicz, 1997. Summer throughfall and winter deposition in the San Bernardino mountains in southern California. *Atmospheric Environment* 31, 673-683.
- Fenn, M.E. and J.W. Kiefer, 1999. Throughfall deposition of nitrogen and sulfur in a Jeffrey pine forest in the San Gabriel Mountains, southern California. *Environmental Pollution* 104, 179-187.
- Fisak, J., M. Tesar, D. Rezacova, V. Elias, V. Weignerova and D. Fottova, 2002. Pollutant concentration in fog and low cloud water at selected sites of the Czech Republic. *Atmospheric Research* 64, 75-87.
- Flenley, J.R. ,1994. Cloud forest, the massenerhebung effect, and ultraviolet insolation. In: *Tropical Montane Cloud Forests*, L.S. Hamilton, J.O. Juvik and F.N. Scatena Editors. Springer-Verlag, New York. 150-155.
- Foster, P., 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Review* 55, 73-106.
- Fuzzi, S., M.C. Facchini, S. Decesari, E. Matta and M. Nircea, 2002. Soluble organic compounds in fog and cloud droplets: what have we learned over the past few years? *Atmospheric Research* 64, 89-98.
- Hamilton, L.S., J.O. Juvik and F.N. Scatena, 1994. The Puerto Rico tropical cloud forest symposium: introduction and workshop synthesis. In: *Tropical Montane Cloud Forests*, L.S. Hamilton, J.O. Juvik and F.N. Scatena Editors. Springer-Verlag, New York. 1-23.
- Hansen, K., 1996. In-canopy throughfall measurements of ion fluxes in Norway spruce. *Atmospheric Environment* 30, 4065-4076.
- Hara, H., 1998. Acid deposition chemistry in Asia, Europe, and North America. *Progress in Nuclear Energy* 32, 331-338.

- Hauck, M., V. Hesse and M. Runge, 2002. The significance of stemflow chemistry for epiphytic lichen diversity in a dieback-affected spruce forest on Mt Brocken, northern Germany. *Lichenologist* 34, 415-427.
- Heath, J.A. and B.J. Huebert, 1999. Cloudwater deposition as a source of fixed nitrogen in a Hawaiian montane forest. *Biogeochemistry* 44, 119-134.
- Herckes, P., H. Wortham, P. Mirabel and M. Mille, 2002a. Evolution of the fogwater composition in Strasbourg (France) from 1990 to 1999. *Atmospheric Research* 64, 53-62.
- Herckes, P., M.P. Hannigan, L. Trenary, T. Lee and J.L. Collett Jr., 2002b. Organic compounds in radiation fogs in Davis. *Atmospheric Research* 64, 99-108.
- HouBao, F., H. Wei, M. Zhuang and W. Kosuke, 1999. Acidity and chemistry of bulk precipitation, throughfall and stemflow in a Chinese fir plantation in Fujian, China. *Forest Ecology and Management* 122, 243-248.
- Igawa, M., T. Kase, K. Satake and H. Okochi, 2002. Severe leaching of calcium ions from fir needles caused by acid fog. *Environmental Pollution* 119, 375-382.
- Ingraham, N.L. and R.A. Matthews, 1995. The importance of fog-drip water to vegetation: Point Reyes Peninsula, California. *Journal of Hydrology* 164, 269-285.
- Kasahara, M., S. Akashi, C.-J. Ma and S. Tohno, 2003. Fixation and chemical analysis of single fog and rain droplets. *Atmospheric Research* 65, 251-259.
- Klaassen, W., H.J.M. Lankreijer and A.W.L. Veen, 1996. Rainfall interception near a forest edge. *Journal of Hydrology* 185, 349-361.
- Krupa, S.V., 2002. Sampling and physico-chemistry analysis of precipitation: a review. *Environmental Pollution* 120, 565-594.
- Lavoie, M. and R.L. Bradley, 2003. Inferred effects of cloud deposition on forest floor nutrient cycling and microbial properties along a short elevation gradient. *Environmental Pollution* 121, 333-334.
- Lawrence, G.B. and I.J. Fernandez, 1993. A reassessment of areal variability of throughfall deposition measurements. *Ecological Applications* 3, 473-480.

- Levia Jr., D.F., 2003. Winter stemflow leaching of nutrient-ions from deciduous canopy trees in relation to meteorological conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 117, 39-51.
- Levia Jr., D.F. and E.E. Frost, 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agriculture ecosystems. *Journal of Hydrology* 274, 1-29.
- Liao, C.C., C.C. Chou and J.T. Wu, 2003. Population structure and substrates of Taiwan yellow false cypress (*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*) in Yuanyang Lake Nature Reserve and nearby Szumakuszu, Taiwan. *Taiwania* 48, 6-21.
- Likens, G.E. and F.H. Bormann, 1995. *Biogeochemistry of a forested ecosystem*, 2ndEd. Springer-Verlag, New York.
- Lin, T.C., S.P. Hamburg, H.B. King and Y.J. Hsia, 1997. Spatial variability of throughfall in a subtropical rain forest in Taiwan. *Journal of Environment Quality* 26, 172-180.
- Lin, T.C., S.P. Hamburg, H.B. King and Y.J. Hsia, 2000. Throughfall patterns in a subtropical rain forest of northeastern Taiwan. *Journal of Environment Quality* 29, 1186-1193.
- Lindberg, S.E., G.M. Lovett, D.D. Richter and D.W. Johnson, 1986. Atmospheric deposition and canopy interaction of major ions in a forest. *Science* 231, 141-145.
- Liu, C.P. and B.H. Sheu, 2003. Dissolved organic carbon in precipitation, throughfall, stemfall, soil solution, and stream water at the Guandaushi subtropical forest in Taiwan. *Forest Ecology and Management* 172, 315-325.
- Liu, W., J.E.D. Fox and Z. Xu, 2003. Nutrient budget of a montane evergreen broad-leaved forest at Ailao Mountain National Nature Reserve, Yunnan, southwest China. *Hydrological Processes* 17, 1119-1134.
- Lovett, G.M., 1984. Rates and mechanisms of cloud water deposition to a subalpine balsam fir forest. *Atmospheric Environment* 18, 361-371.
- Matson, P.A., W.H. McDowell, A.R. Townsend and P.M. Vitousek, 1999. The globalization of N deposition : ecosystem consequences in tropical environments. *Biogeochemistry* 46, 67-83.

- Matzner, E., 1989. Acidic precipitation: case study of Solling. In: Acidic Precipitation, D.C. Adriano and M. Havas Editors. Springer-Verlag, New York. 39-83.
- McDonald, M.A. and J.R. Healey, 2000. Nutrient cycling in secondary forests in the Blue Mountains of Jamaica. *Forest ecology and Management* 139, 257-278.
- McKee, L.J. and B.D. Eyre, 2000. Nitrogen and phosphorus budgets for the sub-tropical Richmond River catchment, Australia. *Biogeochemistry* 50, 207-239.
- Michopoulos, P., G. Baloutsos, G. Nakos and A. Economou, 2001. Effects of bulk precipitation pH and growth period on cation enrichment in precipitation beneath the canopy of a beech (*Fagus moesiaca*) forest stand. *The Science of The Total Environment* 281, 79-85.
- Minami, Y. and Y. Ishizaka, 1996. Evaluation of chemical composition in fog water near the summit of a high mountain in Japan. *Atmospheric Environment* 30, 3363-3376.
- Moffat, A.J., H. Kvaalen, S. Solberg and N. Clarke, 2002. Temporal trends in throughfall and soil water chemistry at three Norwegian forests, 1986-1997. *Forest Ecology and Management* 168, 15-28.
- Nieminen, T.M., J. Derome and H.-S. Helmisaari, 1999. Interactions between perception and Scots pine canopies along a heavy-metal pollution gradient. *Environmental Pollution* 106, 129-137.
- Owen, J.S., M.K. Wang, C.H. Wang, H.B. King and H.L. Sun, 2003. Net N mineralization and nitrification rates in forested ecosystem in northeastern Taiwan. *Forest Ecology and Management* 176, 519-530.
- Potter, C.S., H.L. Ragsdale and W.T. Swank, 1991. Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern Appalachian forest canopy. *Journal of Ecology* 79, 97-115.
- Prakasa Rao, P.S., G.A. Momin, P.D. Safai, A.G. Pillai and L.T. Khemani, 1995. Rain water and throughfall chemistry in the silent valley forest in south India. *Atmospheric Environment* 29, 2025-2029.
- Reynolds, B., 1996. Estimating the total deposition of base cations from throughfall measurements. *The Science of The Total Environment* 180, 183-186.

- Reynolds, B., D. Fowler and S. Thomas, 1996. Chemistry of cloud water at an upland site in mid-Wales. *The Science of The Total Environment* 188, 115-125.
- Rodà, F., A. Avila and A. Rodrigo, 2002. Nitrogen deposition in Mediterranean forests. *Environment Pollution* 118, 205-213.
- Rodrigo, A., A. Àvila, F. Rodà, 2003. The chemistry of precipitation, throughfall and stemflow in two holm oak (*Quercus ilex L.*) forests under a contrasted pollution environment in NE Spain. *The Science of Total Environment* 305, 195-205.
- Schellekens, J., L.A. Bruijnzeel, A.J. Wickel, F.N. Scatena and W.L. Silver, 1998. Interception of horizontal precipitation by elfin cloud forest in the Luquillo Mountains, Eastern Puerto Rico. Proceedings on first international conference on fog and fog collection. 19-24 July 1998. St. John's, Newfoundland, Canada. 29-32.
- Schemenauer, R.S., C.M. Banic and N. Urquizo, 1995. High elevation fog and precipitation chemistry in southern Quebec, Canada. *Atmospheric Environment* 29, 2235-2252.
- Shanyengana, E.S., J.R. Henschel, M.K. Seely and R.D. Sanderson, 2002. Exploring fog as a supplementary water source in Namibia. *Atmospheric Research* 64, 251-259.
- Singer, A., E. Ganor, M. Fried and Y. Shamay, 1996. Throughfall deposition of sulfur to a mixed oak and pine forest in Israel. *Atmospheric Environment* 30, 3881-3889.
- Stachurski, A. and J.R. Zimka, 2002. Atmospheric deposition and ionic interactions within a beech canopy in the Karkonosze Mountains. *Environmental Pollution* 118, 75-87.
- Stoorvogel, J.J., B.H. Janssen and N. Van Breemen, 1997. The nutrient budgets of a watershed and its forest ecosystem in the Taï National Park in Côte d'Ivoire. *Biogeochemistry* 37, 159-172.
- Thalmann, E., R. Burkard, T. Wrzesinsky, W. Eugster and O. Klemm, 2002. Ion fluxes from fog and rain to an agricultural and a forest ecosystem in Europe. *Atmospheric Research* 64, 147-158.
- Urquizo, N., J.R. Brook, J.L. Walmsley and W.R. Burrows, 2003. Estimation of sulphate concentration in high elevation fog in Northeastern North America. *Atmospheric Environment* 37, 1087-1100.

- Veneklaas, E.J., 1990. Nutrient fluxes in bulk precipitation and throughfall in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Ecology* 78, 974-992.
- Weathers, K.C., G.M. Lovett and G.E. Likens, 1995. Cloud deposition to a spruce forest edge. *Atmospheric Environment* 29, 665-672.
- Weathers, K.C., 1999. The importance of cloud and fog in the maintenance of ecosystems. *Tree* 14, 214-215.
- Weathers, K.C., G. M. Lovett, G. E. Likens and N. F. M. Caraco, 2000. Cloudwater inputs of nitrogen to forest ecosystems in Southern Chile : forms, fluxes, and sources. *Ecosystem* 3, 590-595.
- Wrzesinsky, T. and O. Klemm, 2000. Summertime fog chemistry at a mountainous site in central Europe. *Atmospheric Environment* 34, 1487-1496.
- Zhang, Q. and C. Anastasio, 2001. Chemistry of fog waters in California's Central Valley-Part 3: concentrations and speciation of organic and inorganic nitrogen. *Atmospheric Environment* 35, 5629-5643.
- Zimmermann, L., C. Frühauf and Ch. Bernhofer, 1999. The role of interception in the water budget of spruce stands in the Eastern Ore mountains/Germany. *Physics and Chemistry of The Earth* 24, 809-812.
- Zimmermann, L. and F. Zimmermann, 2002. Fog deposition to Norway Spruce stands at high-elevation sites in the Eastern Erzgebirge (Germany). *Journal of Hydrology* 256, 166-175.

## 8. 附錄一 樹種名錄 (數字: Flora of Taiwan 之卷號與頁碼)

### 裸子植物 (Gymnospermae)

台灣扁柏 *Chamaecyparis obtusa var. formosana* 1-588

### 雙子葉植物 (Dicotyledoneae)

楊梅 *Myrica rubra* 2-19

高山新木薑子 *Neolitsea acuminatissima* 2-271

昆欄樹 *Trochodendron aralioides* 2-286

白花八角 *Illicium anisatum* 2-427

香桂 *Cinnamomum subavenium* 2-446

香葉樹 *Lindera communis* 2-458

霧社木薑子 *Litsea elongata* 2-470

豬腳楠 *Machilus thunbergii* 2-483

變葉新木薑子 *Neolitsea aciculata* 2-486

紅淡 *Adinandra formosana* 2-663

假柃木 *Eurya crenatifolia* 2-679

厚葉柃木 *Eurya glaberrima* 2-680

厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera* 2-692

玉山假沙梨 *Photinia niitakayamensis* 3-86

山櫻花 *Prunus campanulata* 3-98

黑星櫻 *Prunus phaeosticta* 3-101

阿里山茵芋 *Skimmia arisanensis* 3-529

台灣紅榨槭 *Acer morrisonense* 3-594

早田氏冬青 *Ilex hayataiana* 3-627

刻脈冬青 *Ilex pedunculosa* 3-632  
福建賽衛矛 *Microtropis fokienensis* 3-656  
薯豆 *Elaeocarpus japonicus* 3-716  
杜英 *Elaeocarpus sylvestris* 3-718  
深山野牡丹 *Barthea barthei* 3-906  
台灣樹蔘 *Dendropanax dentiger* 3-992  
台灣鵝掌柴 *Schefflera taiwaniana* 3-1003  
台灣杜鵑 *Rhododendron formosanum* 4-25  
大葉越橘 *Vaccinium wrightii* 4-39  
阿里山灰木 *Symplocos arisanensis* 4-103  
玉山灰木 *Symplocos morrisonicola* 4-119  
月桂葉灰木 *Symplocos wikstroemiifolia* 4-126  
假繡球 *Viburnum sympodiale* 4-758

## 9. 附錄二 植被調查結果

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15001	台灣扁柏	0.0	100.0	11.0	19.5
15002	台灣扁柏	1.1	99.0	7.0	6.0
15003	變葉新木薑子	0.2	97.8	5.0	2.8
15004	台灣扁柏	2.3	97.8	11.0	19.0
15005	台灣扁柏	0.3	96.0	10.5	24.0
15006	紅淡	2.0	96.8	2.8	1.5
15007	台灣扁柏	2.3	96.8	10.5	14.2
15008	台灣扁柏	4.1	97.2	10.0	13.5
15009	台灣扁柏	5.1	97.4	10.0	15.3
15010	豬腳楠 (紅楠)	5.2	98.9	3.5	3.1
15011	假桫欏	5.2	97.5	2.2	1.3
15012	台灣扁柏	7.1	96.1	11.5	14.5
15013	白花八角	8.5	93.4	8.0	6.8
15014	台灣扁柏	8.2	97.3	12.0	24.0
15015	白花八角	9.5	100.0	3.0	2.0
15016	白花八角	9.9	99.4	4.5	1.7
15017	台灣扁柏	9.8	96.1	11.0	20.0
15018	台灣扁柏 SF02	5.0	92.3	12.0	19.0
15019	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	9.2	91.9	8.0	7.1
15020	台灣樹蔘	8.4	90.3	6.5	(3.0,4.3,3.0)
15021	大葉越橘	4.4	90.6	8.5	(4.2,8.4,4.4)
15022	白花八角	4.6	92.9	4.2	2.6
15023	台灣扁柏	4.9	95.1	7.5	14.8
15024	台灣扁柏	4.2	95.3	6.0	6.6
15025	山櫻花(緋櫻、山櫻桃)	3.2	94.9	12.0	(11,14.9,13.4)
15026	台灣樹蔘	1.9	95.1	6.0	(1.9,4.2,3.5,3.0)
15027	台灣樹蔘	0.3	95.3	12.0	15.5
15028	山櫻花(緋櫻、山櫻桃)	1.4	93.6	11.5	10.3
15029	台灣扁柏	1.8	93.5	8.0	7.2
15030	台灣扁柏	2.9	92.2	11.5	18.0
15031	台灣扁柏	0.4	92.0	7.5	10.2
15032	台灣扁柏	2.0	91.0	9.0	8.1
15033	香葉樹	1.7	90.1	9.5	8.2
15034	台灣扁柏	0.5	89.8	12.0	30.0
15035	白花八角	0.5	88.6	6.5	3.5

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15036	厚葉柃木	0.8	88.3	3.5	1.8
15037	白花八角	0.0	86.0	8.5	5.8
15038	白花八角	1.6	88.7	5.5	2.3
15039	香葉樹	1.6	88.5	8.5	7.9
15040	阿里山灰木	1.0	87.5	7.0	(2.2,2.6)
15041	阿里山灰木	1.7	87.7	8.0	(5.1,2.1,5.0)
15042	台灣樹蔘	1.1	85.9	8.5	3.2
15043	台灣樹蔘	0.9	85.8	7.0	3.4
15044	白花八角	0.9	86.3	4.2	3.4
15045	台灣樹蔘	1.0	86.2	8.5	7.1
15046	台灣樹蔘	0.9	85.9	9.0	10.0
15047	香葉樹	0.9	85.8	6.5	5.0
15048	白花八角	0.0	84.9	7.0	(4.1,3.6)
15049	白花八角	1.2	85.0	5.5	4.7
15051	白花八角	1.5	84.9	5.0	2.8
15052	香葉樹	1.1	83.0	8.0	18.0
15053	香葉樹	0.0	81.8	7.2	7.3
15054	白花八角	0.1	82.0	6.5	4.1
15055	香葉樹	0.1	81.3	8.5	10.1
15056	早田氏冬青	0.8	81.2	7.2	3.7
15057	白花八角	1.2	81.6	6.5	5.4
15058	厚葉柃木	1.4	81.1	5.2	3.4
15059	白花八角	0.9	80.2	6.5	3.5
15060	厚葉柃木	1.7	80.8	6.0	3.6
15061	台灣扁柏	2.7	80.1	7.0	9.2
15062	台灣扁柏	3.5	81.8	5.0	3.0
15063	台灣樹蔘	3.8	82.0	5.2	(4.2,2.5)
15064	豬腳楠 (紅楠)	4.6	83.3	5.0	6.5
15065	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	5.1	84.0	9.0	5.3
15066	白花八角	5.4	85.0	12.0	8.4
15067	台灣扁柏	5.7	87.7	7.0	9.2
15068	台灣扁柏	5.6	89.3	6.8	6.4
15069	白花八角	5.3	85.3	3.5	3.5
15070	台灣扁柏	7.0	90.0	12.0	15.0
15071	厚葉柃木	8.9	88.3	7.5	3.7
15072	香葉樹	8.3	86.9	12.5	15.3

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15073	台灣扁柏	9.7	86.6	11.0	15.0
15074	台灣扁柏	7.4	85.6	13.5	29.0
15075	台灣扁柏 SF01	8.4	84.4	13.0	20.0
15076	台灣扁柏	9.9	84.5	12.0	11.1
15077	白花八角	7.8	83.5	6.0	3.2
15078	台灣扁柏	8.6	82.1	8.5	11.7
15079	厚葉柃木	10.0	87.6	6.5	3.3
15080	香葉樹	11.9	87.6	12.0	9.6
15081	台灣扁柏	12.7	87.5	13.0	19.0
15082	台灣扁柏	13.4	87.8	13.5	21.0
15083	台灣樹蔘	13.8	90.0	3.0	2.4
15084	白花八角	13.8	89.2	2.4	1.2
15085	假柃木	15.6	89.6	2.5	(1.0,2.0,1.2,2.4)
15086	台灣扁柏	16.8	89.3	11.0	18.0
15087	台灣樹蔘	18.5	88.9	10.0	7.1
15088	白花八角	13.5	87.6	5.0	3.6
15089	台灣扁柏	19.4	87.3	11.0	18.0
15090	台灣扁柏	19.5	87.6	11.0	18.0
15091	早田氏冬青	19.9	88.1	5.2	3.7
15092	早田氏冬青	20.0	88.1	8.0	4.1
15093	台灣扁柏	20.0	87.5	13.0	19.0
15094	阿里山茵芋	19.9	89.6	2.4	1.2
15095	白花八角	20.0	87.3	1.2	2.2
15096	假柃木	18.8	86.7	1.6	1.1
15097	香葉樹	19.1	84.5	9.0	6.1
15098	白花八角	19.5	83.0	4.5	3.6
15099	厚葉柃木	19.5	82.7	7.0	3.3
15100	早田氏冬青	18.7	81.4	5.5	3.9
15101	台灣扁柏	15.1	82.8	12.5	35.0
15102	厚皮香	14.7	84.1	4.5	2.0
15103	台灣扁柏	14.1	87.1	12.5	21.0
15104	高山新木薑子	13.0	86.0	4.3	2.1
15105	白花八角	12.4	86.5	4.2	1.5
15106	早田氏冬青	11.6	85.5	4.0	(1.1,1.5)
15107	厚皮香	11.8	84.1	3.2	1.2
15108	假柃木	11.8	84.0	2.0	1.1

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15109	白花八角	11.7	83.5	2.0	(1.0,1.0)
15110	早田氏冬青	10.4	85.7	8.0	(4.2,1.5,2.1,1.7,2.7)
15111	台灣扁柏	11.4	84.8	13.5	22.0
15112	台灣扁柏	10.0	84.3	11.0	12.0
15113	白花八角	10.5	82.3	3.5	1.0
15114	香葉樹	11.1	81.9	8.5	6.9
15115	白花八角	12.5	82.1	3.0	2.5
15116	台灣扁柏	15.1	82.8	7.5	5.7
15117	台灣扁柏	15.2	81.0	13.5	29.0
15118	台灣樹蔘	18.9	80.4	6.5	3.7
15119	台灣扁柏	14.6	80.7	13.0	19.0
15120	台灣扁柏	14.3	80.6	13.5	24.0
15121	台灣扁柏	10.8	80.6	12.0	13.9
15122	厚葉柃木	10.0	98.0	7.5	3.4
15123	白花八角	11.6	91.8	4.2	1.8
15124	台灣扁柏	11.4	96.5	12.5	15.5
15125	白花八角	11.0	95.7	9.0	4.0
15126	台灣扁柏	11.0	95.4	12.0	9.0
15127	台灣樹蔘	11.5	93.9	3.5	2.4
15128	台灣樹蔘	12.2	93.3	3.5	3.8
15129	假繡球	12.2	94.0	12.5	14.1
15130	玉山灰木	12.0	97.2	6.0	3.4
15131	台灣扁柏	12.9	97.5	3.5	3.3
15132	假柃木	13.5	94.3	2.0	1.1
15133	白花八角	13.5	94.2	7.0	4.6
15134	白花八角	14.1	94.9	8.5	9.3
15135	霧社木薑子	18.6	97.4	9.0	8.7
15136	厚葉柃木	19.0	98.2	7.5	3.9
15137	台灣扁柏	19.2	96.5	9.5	12.0
15138	山櫻花(緋櫻、山櫻桃)	19.9	96.3	12.5	(2.1,10.4,10.4,11.5,8.8)
15139	台灣鵝掌柴(台灣鴨腳木)	19.7	96.6	7.0	4.6
15140	白花八角	19.7	96.2	6.5	5.6
15141	白花八角	19.9	93.8	8.0	(3.1,2.8)
15142	霧社木薑子	19.5	93.7	8.5	(5.0,4.6,5.0)
15143	霧社木薑子	18.7	93.4	12.5	(8.2,9.5,9.1,4.2,5.8)
15144	白花八角	19.9	92.2	6.5	2.9

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15145	台灣扁柏	19.2	90.6	12.5	29.0
15146	台灣扁柏	16.6	91.4	12.5	35.0
15147	假桫欏	16.4	90.8	2.0	(1.7,1.4,1.3,1.4,1.5)
15148	假桫欏	15.7	90.8	2.2	1.2
15149	假桫欏	15.4	90.9	2.5	2.7
15150	台灣樹蓼	15.4	91.2	4.0	2.9
15151	假桫欏	15.6	90.4	2.0	1.4
15152	台灣扁柏	12.4	90.1	11.5	13.4
15153	白花八角	10.7	91.0	7.0	4.7
15154	台灣扁柏	11.2	91.4	12.0	21.0
15155	白花八角	14.1	92.3	5.5	1.5
15156	台灣扁柏	8.8	60.0	12.0	14.0
15157	台灣扁柏	8.3	59.7	12.0	13.0
15158	台灣扁柏	7.1	59.8	11.0	12.0
15159	台灣扁柏	9.4	57.9	13.5	23.0
15160	大葉越橘	6.5	58.3	2.8	1.7
15161	福建賽衛矛	9.9	55.5	2.0	1.3
15162	台灣扁柏	7.9	56.2	13.5	24.0
15163	刻脈冬青	9.6	55.0	1.5	1.3
15164	台灣扁柏	9.8	54.7	11.0	16.0
15165	台灣扁柏	8.7	51.0	11.0	18.0
15166	台灣扁柏	5.8	54.4	12.0	22.0
15167	早田氏冬青	4.9	51.5	6.0	6.9
15168	豬腳楠 (紅楠)	4.7	51.2	7.0	(7.5,6.1)
15169	豬腳楠 (紅楠)	4.5	51.2	7.5	(6.3,4.5)
15170	白花八角	4.1	51.8	2.3	1.8
15171	薯豆	4.0	51.5	8.5	(12.9,8.8)
15172	台灣扁柏	3.5	51.9	11.5	18.0
15173	台灣扁柏	2.5	51.5	5.5	5.4
15174	台灣樹蓼	2.5	52.3	3.0	1.5
15175	薯豆	2.0	52.5	8.5	4.4
15176	厚葉桫欏	1.2	51.2	8.5	4.3
15177	台灣扁柏	3.0	56.3	11.5	17.8
15178	台灣扁柏	4.2	54.0	4.2	8.0
15179	紅淡	3.6	53.5	3.3	1.7
15180	紅淡	3.5	53.7	4.5	3.2

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15181	紅淡	4.4	53.0	5.0	3.0
15182	台灣扁柏	3.0	54.2	6.4	9.0
15183	紅淡	4.0	54.0	2.5	1.3
15184	台灣扁柏	3.5	54.5	3.0	2.5
15185	台灣扁柏	4.1	54.0	14.5	36.0
15186	台灣扁柏	3.6	55.3	4.5	4.5
15187	台灣扁柏	3.2	55.3	14.5	25.0
15188	台灣扁柏	2.6	56.9	7.0	7.0
15189	台灣扁柏	2.0	57.8	2.0	1.5
15190	台灣扁柏	1.3	56.4	13.0	20.0
15191	台灣扁柏	3.9	57.9	11.0	17.0
15192	台灣扁柏	3.9	58.1	5.0	5.0
15193	台灣扁柏	1.3	58.2	12.5	18.0
15194	台灣扁柏	1.4	59.7	10.0	9.0
15195	台灣扁柏	3.0	57.8	4.4	5.0
15196	深山野牡丹	1.4	57.3	2.0	1.4
15197	台灣扁柏	1.5	56.5	3.5	7.0
15198	台灣扁柏	51.0	9.7	11.5	17.0
15199	台灣扁柏	56.0	9.6	9.5	8.0
15200	台灣樹蔘	51.1	9.9	3.5	2.0
15201	白花八角	51.1	10.0	2.5	2.3
15202	假柃木	51.2	8.7	1.9	1.1
15203	早田氏冬青	51.7	9.8	2.0	1.8
15204	台灣扁柏	52.1	9.5	8.5	6.0
15205	台灣扁柏	53.1	9.1	12.0	20.0
15206	紅淡	53.8	9.2	7.0	5.9
15207	紅淡	53.0	8.1	3.5	1.9
15208	薯豆	54.8	7.5	10.0	(10.7,9.0)
15209	台灣扁柏	55.0	8.2	10.5	12.0
15210	台灣扁柏	54.8	7.7	12.5	21.0
15211	紅淡	57.0	8.5	4.8	4.4
15212	紅淡	57.2	8.4	4.0	3.5
15213	豬腳楠 (紅楠)	56.8	7.9	8.5	13.7
15214	豬腳楠 (紅楠)	58.3	9.2	9.5	(6.3,15.3,11.4)
15215	豬腳楠 (紅楠)	58.3	7.8	5.0	(5.3,5.5)
15216	台灣扁柏	56.6	6.3	13.5	30.0

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15217	台灣樹蔘	54.4	6.6	4.5	3.3
15218	台灣樹蔘	54.1	6.2	3.2	2.5
15219	昆欄樹	54.3	7.1	2.0	1.3
15220	早田氏冬青	53.5	7.0	3.5	2.0
15221	白花八角	54.0	6.0	1.6	1.1
15222	豬腳楠 (紅楠)	51.6	5.0	10.5	(15.5,13.7,14.5,15.0)
15223	台灣扁柏	52.6	3.7	13.0	17.0
15224	台灣扁柏	53.1	3.5	13.0	27.0
15225	豬腳楠 (紅楠)	53.6	2.3	11.0	(11.9,11.0)
15226	厚皮香	53.0	1.4	7.0	19.0
15227	台灣扁柏	52.9	1.6	8.0	14.0
15228	薯豆	50.8	0.9	10.0	22.5
15229	豬腳楠 (紅楠)	50.5	1.0	10.0	(9.5,8.0,6.0)
15230	早田氏冬青	50.4	0.9	5.5	6.2
15231	台灣扁柏	54.2	4.0	4.2	8.0
15232	薯豆	55.0	4.9	5.7	8.8
15233	台灣樹蔘	54.1	5.5	3.7	3.0
15234	豬腳楠 (紅楠)	55.3	5.0	10.5	(14.4,18.6)
15235	台灣扁柏	56.0	5.6	6.0	10.0
15236	薯豆	56.1	4.7	6.5	9.4
15237	早田氏冬青	55.9	4.5	2.0	1.6
15238	台灣扁柏	21.0	97.5	14.0	15.1
15239	台灣樹蔘	20.1	95.9	7.0	4.3
15240	台灣樹蔘	20.1	95.9	6.0	3.3
15241	早田氏冬青	20.8	96.3	8.0	(3.4,3.8)
15242	白花八角	22.0	96.4	7.0	4.1
15243	白花八角	21.8	96.2	6.0	(2.8,2.7)
15244	假鈴木	21.0	95.0	3.0	2.3
15245	台灣扁柏	23.5	97.0	13.0	14.0
15246	台灣樹蔘	21.0	97.0	6.0	3.0
15247	台灣扁柏	21.0	97.5	14.0	24.0
15248	豬腳楠 (紅楠)	21.5	97.0	10.0	6.2
15249	白花八角	25.0	97.0	6.0	2.2
15250	台灣扁柏	25.0	96.0	13.0	18.8
15251	台灣扁柏	25.3	96.2	12.0	9.9
15252	台灣扁柏	24.9	95.2	13.0	21.7

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15253	假桫欏木	25.2	95.2	2.8	(1.4,2.3,1.5)
15254	假桫欏木	27.2	95.2	6.0	(1.9,1.0,1.2)
15255	早田氏冬青	27.2	95.2	6.5	2.0
15256	台灣扁柏	28.0	97.5	14.0	22.4
15257	台灣扁柏	29.5	96.0	11.0	11.3
15258	台灣扁柏	29.9	98.5	13.0	17.3
15259	台灣扁柏	30.0	97.5	13.0	23.8
15260	台灣扁柏	30.0	96.4	11.0	17.2
15261	假桫欏木	26.5	93.5	2.5	2.6
15262	早田氏冬青	26.0	94.0	5.0	2.6
15263	台灣樹蔘	25.8	94.1	7.0	4.7
15264	早田氏冬青	25.0	93.8	8.0	4.7
15265	早田氏冬青	24.8	94.0	8.0	5.5
15266	紅淡	24.5	95.0	6.0	(2.3,2.2)
15267	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	24.0	95.5	8.5	5.4
15268	早田氏冬青	25.0	94.1	7.0	(5.9,4.5)
15269	台灣扁柏	22.5	93.8	15.0	30.4
15270	香葉樹	22.4	95.7	10.0	9.4
15271	白花八角	21.5	93.5	7.0	(4.4,3.6)
15272	白花八角	20.5	91.5	9.0	7.3
15273	台灣扁柏	25.0	90.2	12.0	15.4
15274	假桫欏木	26.5	90.1	2.0	1.9
15275	紅淡	31.5	96.5	3.8	1.5
15276	早田氏冬青	32.5	97.0	8.0	(4.2,4.2)
15277	香葉樹	32.6	96.3	11.0	(6,6.3)
15278	台灣樹蔘	34.0	96.8	5.0	3.4
15279	台灣扁柏	35.0	97.0	12.0	23.1
15280	香葉樹	37.5	97.3	9.5	(4.8,5,5.9)
15281	台灣樹蔘	39.5	96.8	5.0	2.5
15282	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	39.8	97.0	11.0	9.2
15283	台灣樹蔘	40.0	96.5	10.0	(5.8,5.5)
15284	台灣樹蔘	40.0	96.0	8.0	(5.2,3.1)
15285	台灣扁柏	38.0	95.0	13.0	24.3
15286	豬腳楠 (紅楠)	38.5	94.0	12.0	9.7
15287	假桫欏木	38.0	92.5	6.0	1.4
15288	厚葉桫欏木	38.2	91.0	3.0	1.6

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15289	台灣扁柏	40.0	90.0	14.0	28.0
15290	白花八角	37.0	90.2	8.0	3.6
15291	厚葉柃木	36.3	90.1	5.0	1.6
15292	白花八角	36.0	90.3	6.0	1.8
15293	厚葉柃木	36.2	91.2	6.0	2.0
15294	台灣扁柏	35.8	94.0	14.0	29.9
15295	台灣扁柏	36.0	95.3	12.0	22.5
15296	香葉樹	33.0	95.3	8.5	3.7
15297	台灣樹蔘	32.3	95.3	5.0	2.1
15298	香葉樹	33.0	95.1	4.0	2.1
15299	台灣扁柏	32.0	93.0	13.0	25.8
15300	白花八角	32.3	92.8	1.7	1.0
15301	白花八角	34.5	93.0	2.0	(2.1,1.7)
15302	台灣扁柏	32.0	91.8	7.0	8.5
15303	白花八角	31.8	92.8	3.0	1.2
15304	香葉樹	30.5	93.1	10.0	(8.0,10.1,11.3)
15305	台灣樹蔘	30.2	93.5	2.5	2.4
15306	白花八角	31.5	94.8	4.0	1.5
15307	白花八角	31.6	96.0	5.0	2.9
15308	霧社木薑子	31.0	89.5	10.0	(10.5,14.2)
15309	台灣扁柏	32.8	89.7	12.0	22.6
15310	台灣扁柏	31.0	88.5	6.0	3.1
15311	紅淡	30.8	88.0	4.5	1.4
15312	台灣扁柏	31.5	87.5	13.0	28.0
15313	台灣扁柏	31.5	86.5	12.0	18.8
15314	台灣扁柏	31.5	86.0	8.0	6.1
15315	早田氏冬青	32.0	85.0	8.0	3.6
15316	台灣扁柏	33.5	86.0	8.0	8.2
15317	豬腳楠 (紅楠)	32.5	85.2	7.0	2.9
15318	紅淡	34.0	84.8	3.5	1.1
15319	紅淡	35.0	85.2	9.0	(3.5,3.7)
15320	台灣扁柏	35.0	86.2	7.0	4.5
15321	台灣扁柏	34.0	86.0	12.0	23.5
15322	台灣扁柏	33.5	86.0	7.0	4.4
15323	台灣扁柏	33.0	86.0	9.0	7.3
15324	台灣扁柏	32.6	86.1	3.0	(1.7,2.0)

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15325	白花八角	35.7	87.0	2.5	1.5
15326	紅淡	34.5	87.8	2.2	1.0
15327	台灣扁柏	36.0	89.5	12.0	21.5
15328	白花八角	36.0	89.0	3.0	1.3
15329	台灣扁柏	37.0	88.8	10.0	12.9
15330	白花八角	37.2	89.0	2.2	1.0
15331	台灣扁柏	38.2	89.0	9.0	6.7
15332	白花八角	38.6	89.8	2.8	1.0
15333	台灣扁柏	38.5	88.5	5.0	4.7
15334	台灣扁柏	38.3	88.2	6.0	3.0
15335	台灣扁柏	39.2	86.5	11.0	18.5
15336	白花八角	39.2	86.3	3.8	1.5
15337	紅淡	39.0	86.0	3.5	(1.0,1.0)
15338	台灣扁柏	38.0	86.0	10.0	14.0
15339	早田氏冬青	39.9	86.5	2.5	1.3
15340	台灣扁柏	39.9	86.0	8.0	9.2
15341	台灣扁柏	37.5	85.0	12.0	15.0
15342	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	37.5	84.0	8.0	3.0
15343	台灣樹蔘	37.8	84.0	6.7	(2.7,2.4,3,1.9)
15344	白花八角	35.8	83.5	4.5	(3.3,1.3)
15345	白花八角	37.0	87.0	6.0	2.2
15346	假桫欏木	37.5	85.0	2.2	1.2
15347	台灣樹蔘	39.5	83.8	6.0	3.8
15348	早田氏冬青	38.0	84.0	11.0	(4.1,1.4,4.7,7.0,3.2,5.0,6.2)
15349	台灣扁柏	37.5	83.5	7.5	6.4
15350	台灣扁柏	35.5	84.0	10.0	17.9
15351	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	33.5	89.0	8.0	4.6
15352	白花八角	37.8	82.5	4.5	3.3
15353	厚葉桫欏木	37.8	81.0	4.8	2.2
15354	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	36.0	81.0	5.5	3.7
15355	台灣樹蔘	33.5	83.5	5.8	4.6
15356	紅淡	34.0	83.0	5.8	2.5
15357	假桫欏木	34.0	84.2	1.7	1.0
15358	台灣樹蔘	33.0	85.0	8.0	5.6
15359	紅淡	33.0	86.0	8.5	4.4
15360	紅淡	32.9	86.0	2.0	1.6

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15361	白花八角	34.0	85.1	6.5	(6.5,4.5)
15362	台灣樹蓼	32.0	82.5	6.0	2.1
15363	台灣扁柏	32.0	83.0	10.0	17.0
15364	台灣扁柏	31.8	83.2	12.0	26.7
15365	台灣扁柏	31.5	82.0	11.0	21.6
15366	台灣扁柏	31.0	81.7	12.0	28.8
15367	香葉樹	31.5	82.8	9.5	8.0
15368	早田氏冬青	32.0	82.8	6.8	4.7
15369	台灣扁柏	34.0	83.5	8.0	3.6
15370	白花八角	33.4	80.1	7.5	5.2
15371	台灣扁柏	33.0	81.0	11.0	7.3
15372	台灣扁柏	32.0	81.2	10.0	14.8
15373	白花八角	32.0	80.1	8.0	4.0
15374	台灣扁柏	28.0	83.0	8.0	6.2
15375	香葉樹	27.0	81.0	8.0	7.2
15376	早田氏冬青	24.5	81.0	2.0	1.0
15377	台灣扁柏	27.0	82.0	11.0	18.7
15378	台灣扁柏	29.7	84.0	13.0	22.7
15379	台灣扁柏	29.5	86.5	9.5	12.5
15380	台灣扁柏	28.0	87.0	11.0	9.1
15381	台灣扁柏	28.0	86.0	12.0	16.0
15382	台灣扁柏	27.0	84.8	10.0	5.8
15383	台灣扁柏	26.0	85.0	9.8	9.4
15384	白花八角	22.5	81.0	8.0	4.0
15385	早田氏冬青	22.5	81.5	10.5	7.1
15386	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	20.5	81.0	8.0	(5.6,7.1)
15387	白花八角	21.1	81.8	6.0	5.2
15388	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	20.5	81.7	6.5	2.6
15389	台灣扁柏	21.5	82.5	10.0	18.8
15390	白花八角	22.5	81.5	8.5	3.0
15391	白花八角	22.5	84.0	8.0	5.0
15392	白花八角	23.0	83.7	7.0	3.5
15393	白花八角	24.0	84.5	7.0	3.5
15394	紅淡	22.8	84.0	4.0	(2.4,1.5)
15395	豬腳楠 (紅楠)	21.2	84.5	10.8	(6.4,8.5)
15396	台灣扁柏	22.0	84.8	12.0	17.0

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15397	白花八角	24.8	85.0	7.0	3.8
15398	白花八角	24.7	85.1	7.0	3.4
15399	早田氏冬青	24.8	85.4	5.8	2.1
15400	台灣扁柏	25.8	86.0	10.5	15.8
15401	早田氏冬青	27.5	86.0	8.5	5.9
15402	香葉樹	27.5	86.0	9.0	5.8
15403	台灣扁柏	29.6	86.5	12.0	21.9
15404	早田氏冬青	30.0	85.5	2.5	1.2
15405	台灣扁柏	30.0	87.2	11.0	8.7
15406	白花八角	28.5	88.0	10.0	(5.9,5.1)
15407	假桫欏木	26.0	89.5	2.2	1.7
15408	台灣扁柏	25.5	87.5	10.0	16.2
15409	白花八角	26.0	86.5	5.0	3.1
15410	高山新木薑子	26.5	86.5	9.0	4.2
15411	白花八角	26.5	85.3	4.5	(3.9,2.9)
15412	高山新木薑子	24.5	86.3	7.0	7.4
15413	香葉樹	24.5	85.9	2.5	1.9
15414	假桫欏木	24.0	86.5	3.0	(1.0,1.0)
15415	早田氏冬青	24.0	85.0	2.8	1.2
15416	台灣樹蔘	23.5	85.8	4.6	(2.4,2.4)
15417	假桫欏木	23.0	88.0	2.3	(1.1,1.2)
15418	假桫欏木	23.0	87.0	2.1	1.4
15419	台灣扁柏	23.0	85.0	12.0	33.0
15420	早田氏冬青	22.9	87.5	6.8	2.7
15421	台灣扁柏	22.0	88.0	12.0	(21.5,9.0,10.4)
15422	台灣扁柏	22.1	81.8	4.5	2.1
15423	假桫欏木	22.5	86.0	2.0	1.4
15424	假桫欏木	23.0	85.5	1.5	1.4
15425	假桫欏木	21.0	85.6	2.0	1.4
15426	台灣扁柏	30.0	80.0	8.0	5.8
15427	台灣扁柏	31.8	78.5	11.0	16.9
15428	白花八角	33.2	79.0	7.0	4.7
15429	香葉樹	33.5	78.8	10.0	8.5
15430	白花八角	34.2	77.5	8.0	6.4
15431	白花八角	37.5	78.5	2.5	2.2
15432	白花八角	38.5	78.6	6.0	3.0

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15433	台灣樹蔘	38.7	79.2	4.0	1.6
15434	台灣扁柏	39.0	79.5	10.5	20.5
15435	大葉越橘	39.0	79.0	2.5	1.3
15436	台灣扁柏	39.0	78.0	12.0	21.6
15437	台灣扁柏	39.0	77.0	11.5	17.8
15438	台灣樹蔘	39.0	77.0	3.5	1.4
15439	紅淡	36.0	77.5	2.5	1.0
15440	台灣扁柏	40.0	75.0	10.0	7.9
15441	阿里山茵芋	39.5	75.5	2.0	1.0
15442	白花八角	39.5	76.0	1.7	2.5
15443	紅淡	38.7	76.0	2.0	1.0
15444	台灣扁柏	37.5	77.0	10.0	15.5
15445	台灣扁柏	37.5	76.8	8.0	7.4
15446	高山新木薑子	38.0	76.0	2.0	(1.2,1.2)
15447	台灣樹蔘	37.0	75.0	3.5	(1.3,2.4)
15448	台灣扁柏	37.5	75.0	8.0	9.2
15449	紅淡	37.6	76.8	3.0	1.5
15450	台灣扁柏	37.7	75.8	11.0	14.8
15451	白花八角	36.0	75.8	5.0	2.9
15452	台灣扁柏	38.0	75.5	4.0	3.5
15453	台灣扁柏	38.0	75.4	10.0	17.3
15454	紅淡	37.0	75.8	4.0	2.1
15455	早田氏冬青	38.3	75.5	2.3	1.7
15456	白花八角	38.3	75.4	2.0	1.2
15457	台灣扁柏	38.5	75.0	9.0	12.8
15458	白花八角	38.5	74.2	3.5	2.1
15459	台灣扁柏	38.6	74.0	11.0	13.5
15460	台灣扁柏	38.7	74.0	2.5	2.2
15461	台灣扁柏	38.6	73.9	6.8	4.0
15462	台灣扁柏	38.7	73.9	13.0	(14.1,14.6)
15463	台灣扁柏	37.8	73.8	7.5	4.8
15464	台灣扁柏	36.8	73.8	9.0	11.2
15465	白花八角	37.0	73.8	2.5	1.0
15466	早田氏冬青	38.0	73.6	2.5	1.4
15467	台灣扁柏	39.0	73.0	10.0	13.8
15468	台灣扁柏	39.5	72.5	11.0	16.5

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15469	早田氏冬青	39.9	72.5	2.0	(1.3,1.0)
15470	紅淡	39.8	72.0	7.0	3.0
15471	厚葉柃木	39.5	72.0	2.5	1.0
15472	假柃木	38.0	70.2	2.5	(1.3,1.3)
15473	厚葉柃木	39.0	72.3	2.3	1.1
15474	高山新木薑子	38.0	70.8	2.8	2.2
15475	台灣扁柏	37.5	71.0	9.0	18.2
15476	台灣扁柏	38.0	71.3	9.0	18.0
15477	台灣樹蔘	38.3	71.5	3.5	1.8
15478	變葉新木薑子	38.0	71.5	6.0	1.8
15479	台灣扁柏	38.0	71.8	5.0	3.1
15480	台灣扁柏	37.9	72.3	10.0	13.1
15481	白花八角	37.8	72.3	5.0	1.8
15482	紅淡	37.5	72.4	4.0	1.4
15483	香葉樹	37.0	70.5	8.0	6.8
15484	早田氏冬青	37.2	70.3	4.5	2.1
15485	紅淡	37.1	72.3	6.0	2.4
15486	豬腳楠 (紅楠)	36.5	73.0	11.0	15.6
15487	豬腳楠 (紅楠)	36.4	73.7	9.5	(10.1,10.2)
15488	紅淡	36.5	73.0	4.5	2.1
15489	紅淡	35.0	72.8	5.0	(3.2,2.1)
15490	香葉樹	34.5	72.5	7.0	(6.5,5.4,6.0)
15491	厚葉柃木	35.0	70.1	3.5	(6.9,1.6,3.4,2.7,3.6,4.5)
15492	厚葉柃木	32.3	70.1	7.0	(5.2,4.7)
15493	白花八角	32.0	70.1	7.0	(3.9,2.4)
15494	早田氏冬青	31.8	70.5	4.0	1.1
15495	白花八角	32.3	71.7	6.5	4.2
15496	厚皮香	32.0	71.5	8.0	(15.5,21.5)
15497	紅淡	33.0	71.8	4.3	(3.1,2.4)
15498	香葉樹	33.2	72.0	8.0	(8.4,7.2,7.3)
15499	白花八角	35.0	73.8	8.0	4.4
15500	早田氏冬青	35.5	74.2	8.2	(3.6,5.7,5.6,6.3)
15501	台灣扁柏	35.5	74.5	9.0	7.8
15502	紅淡	35.0	73.8	3.5	2.1
15503	早田氏冬青	34.2	74.0	5.0	(2.7,2.0,2.3)
15504	厚葉柃木	35.0	73.9	4.0	4.9

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15505	台灣扁柏	37.0	74.2	10.0	11.9
15506	台灣扁柏	37.5	75.0	8.0	7.8
15507	台灣扁柏	37.5	76.2	10.0	13.8
15508	台灣扁柏	36.5	75.9	11.0	22.8
15509	紅淡	37.5	74.0	2.2	1.2
15510	台灣扁柏	38.3	75.5	9.7	12.1
15511	台灣扁柏	36.4	76.2	11.0	27.4
15512	紅淡	33.0	75.0	3.0	2.0
15513	高山新木薑子	34.0	75.7	5.0	2.4
15514	白花八角	34.5	70.8	4.0	2.5
15515	早田氏冬青	30.5	78.0	7.0	6.9
15516	台灣樹蔘	30.1	77.0	5.5	4.0
15517	白花八角	30.1	76.0	6.0	4.5
15518	香葉樹	32.0	73.1	6.0	4.7
15519	台灣扁柏	30.1	72.9	10.0	24.4
15520	白花八角	31.7	71.6	7.0	(4.1,2.9,4.0)
15521	香葉樹	28.5	80.0	9.5	7.2
15522	台灣樹蔘	28.0	79.0	9.3	5.5
15523	台灣扁柏	28.0	78.5	10.0	17.0
15524	台灣樹蔘	29.7	77.5	7.0	6.0
15525	台灣樹蔘	28.5	77.3	7.5	4.8
15526	台灣樹蔘	28.3	77.0	7.5	(3.6,4.7)
15527	台灣樹蔘	29.9	75.5	6.0	2.8
15528	台灣扁柏	29.0	75.5	10.0	15.8
15529	早田氏冬青	28.0	75.0	8.0	3.2
15530	台灣扁柏	27.8	74.0	6.0	5.3
15531	台灣扁柏	28.0	74.0	10.0	29.4
15532	台灣扁柏	29.8	73.1	4.0	3.0
15533	紅淡	29.7	73.0	2.5	1.0
15534	台灣扁柏	29.9	72.0	6.5	3.5
15535	紅淡	30.0	71.9	6.8	4.2
15536	台灣扁柏	29.5	71.8	7.0	7.1
15537	紅淡	29.0	72.5	2.0	1.0
15538	台灣扁柏	29.0	70.8	11.0	18.5
15539	紅淡	27.8	70.5	4.0	1.7
15540	高山新木薑子	27.3	71.0	8.0	5.5

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15541	台灣扁柏	27.5	72.5	11.0	25.1
15542	白花八角	25.0	72.6	8.0	3.0
15543	月桂葉灰木 (瑞香葉灰木)	25.0	72.7	10.0	(11.6,7.0,9.5,)
15544	香葉樹	25.0	72.4	8.8	(6.6,7.0)
15545	紅淡	23.5	73.0	6.0	(4.2,1.6)
15546	白花八角	23.5	73.0	4.6	3.6
15547	台灣扁柏	22.5	70.2	7.0	6.3
15548	白花八角	23.0	72.8	6.5	2.9
15549	台灣扁柏	23.3	73.1	6.0	5.9
15550	紅淡	21.7	72.0	6.0	3.4
15551	厚葉柃木	20.5	72.5	4.0	2.1
15552	台灣扁柏	20.5	73.5	9.5	24.3
15553	台灣扁柏	23.5	73.4	10.0	18.4
15554	白花八角	23.4	73.5	4.0	3.3
15555	台灣樹蔘	23.0	74.0	4.0	(3.2,3.3)
15556	白花八角	23.0	75.0	9.0	12.1
15557	白花八角	22.8	74.8	3.0	1.7
15558	台灣扁柏	23.0	75.0	10.0	26.3
15559	台灣樹蔘	23.0	76.5	6.0	2.6
15560	台灣樹蔘	23.2	75.7	9.0	8.3
15561	台灣樹蔘	23.3	75.7	8.5	5.2
15562	白花八角	24.1	75.1	6.8	3.9
15563	紅淡	23.3	76.5	2.0	1.3
15564	台灣扁柏	25.0	77.0	11.0	24.6
15565	高山新木薑子	26.5	76.1	9.0	5.0
15566	白花八角	26.8	74.3	8.0	(3.2,4.0)
15567	厚葉柃木	27.0	77.1	6.3	2.5
15568	台灣樹蔘	27.0	77.1	7.5	4.9
15569	白花八角	24.0	76.0	7.0	3.5
15570	台灣扁柏	24.0	76.8	10.0	16.7
15571	台灣扁柏	22.8	77.5	10.0	16.5
15572	台灣扁柏 SF05	21.0	77.5	10.0	20.4
15573	假柃木	21.5	79.0	2.0	1.2
15574	假柃木	21.5	79.2	2.0	1.0
15575	紅淡	22.7	79.0	7.0	3.7
15576	紅淡	22.8	79.5	7.5	3.4

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15577	台灣扁柏	23.0	79.0	9.0	12.6
15578	紅淡	23.0	79.5	2.2	1.7
15579	台灣扁柏	24.8	79.5	10.0	28.0
15580	紅淡	24.8	78.0	4.0	1.8
15581	紅淡	27.3	79.1	3.4	1.1
15582	台灣樹蔘	19.5	79.5	7.8	(4.2,3.5,5.3,3.8,3.4,2.9)
15583	白花八角	17.9	79.5	8.5	5.3
15584	香葉樹	17.6	79.0	9.0	(9.2,14.6)
15585	台灣扁柏	19.5	78.9	7.8	5.0
15586	白花八角	16.8	78.5	4.8	(2.0,1.2)
15587	台灣扁柏	15.0	77.1	10.0	19.4
15588	台灣扁柏	16.0	76.9	10.0	20.8
15589	台灣扁柏	16.0	75.0	10.0	(21.9,6.8)
15590	台灣扁柏	15.8	74.8	11.0	14.9
15591	台灣扁柏	19.3	77.5	11.0	28.8
15592	白花八角	18.6	77.4	3.5	1.6
15593	白花八角	18.4	75.0	3.2	1.0
15594	台灣樹蔘	18.0	75.0	4.0	2.8
15595	台灣樹蔘	17.2	74.3	4.2	1.7
15596	早田氏冬青	19.3	74.1	1.8	1.5
15597	紅淡	17.1	72.2	3.4	1.4
15598	紅淡	18.3	73.2	4.1	1.5
15599	台灣扁柏 SF04	19.0	70.7	12.0	20.8
15600	白花八角	16.5	73.2	3.2	1.7
15601	台灣扁柏	16.5	74.0	11.0	23.9
15602	台灣扁柏	14.5	74.4	10.0	21.5
15603	台灣扁柏	15.5	74.0	4.0	2.1
15604	台灣扁柏	14.8	73.5	4.4	3.5
15605	台灣扁柏	14.5	73.0	10.0	25.8
15606	台灣扁柏	14.5	72.5	11.5	22.0
15607	台灣扁柏	11.7	71.5	9.0	12.2
15608	早田氏冬青	10.8	70.5	5.5	2.6
15609	台灣扁柏	12.3	74.8	12.0	24.3
15610	香葉樹	13.8	75.0	5.7	2.5
15611	台灣扁柏	14.0	77.5	11.0	28.1
15612	白花八角	13.2	77.5	2.8	1.5

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15613	早田氏冬青	12.8	77.0	3.6	1.6
15614	白花八角	11.5	77.7	2.3	1.1
15615	台灣扁柏	11.0	78.0	13.0	26.8
15616	早田氏冬青	11.9	78.3	3.5	1.2
15617	早田氏冬青	11.8	78.2	3.5	1.0
15618	台灣扁柏 SF03	12.1	78.1	12.0	24.8
15619	紅淡	8.0	78.0	2.2	1.5
15620	紅淡	9.0	77.0	2.2	1.2
15621	台灣扁柏	7.0	73.0	9.0	18.6
15622	台灣扁柏	7.3	74.8	11.0	35.0
15623	台灣扁柏	7.5	75.5	11.0	22.7
15624	台灣扁柏	6.5	77.5	9.0	17.0
15625	台灣紅榨槭	5.5	76.5	10.5	20.0
15626	台灣扁柏	6.5	75.0	8.0	8.3
15627	台灣扁柏	6.5	74.5	9.0	24.4
15628	台灣樹蔘	6.0	73.5	5.7	4.9
15629	白花八角	8.0	73.5	6.0	3.2
15630	台灣扁柏	6.5	80.0	13.2	32.8
15631	香葉樹	6.4	80.0	7.5	6.9
15632	香葉樹	6.5	79.5	6.8	3.2
15633	台灣扁柏	3.1	79.0	12.0	15.7
15634	台灣扁柏	2.5	79.0	13.0	28.8
15635	高山新木薑子	3.1	79.0	5.5	2.1
15636	台灣扁柏	4.8	77.0	12.0	26.0
15637	台灣扁柏	5.0	75.8	11.0	21.9
15638	台灣扁柏	2.0	75.8	6.4	6.1
15639	厚皮香	4.2	74.8	2.8	1.3
15640	厚皮香	3.0	74.5	2.0	1.0
15641	厚葉柃木	2.8	74.2	6.2	4.4
15642	台灣扁柏	3.8	73.2	6.5	7.8
15643	早田氏冬青	2.0	71.5	1.7	1.2
15644	白花八角	2.0	73.0	2.8	1.4
15645	台灣扁柏	1.2	73.5	12.0	28.5
15646	厚皮香	0.1	73.7	3.8	(2.1,1,1.2)
15647	白花八角	2.5	75.5	4.0	3.5
15648	台灣樹蔘	2.0	76.0	3.6	(2.6,1.9)

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15649	厚皮香	52.0	98.8	5.7	3.2
15650	紅淡	53.0	98.8	2.1	(1.2,1.2)
15651	白花八角	52.5	97.5	1.7	1.2
15652	白花八角	52.5	97.4	6.0	(4.1,2.4)
15653	台灣扁柏	52.5	97.2	10.0	12.5
15654	白花八角	53.5	97.6	3.8	(2.2,2.4)
15655	台灣樹蔘	50.8	97.3	6.5	(1.9,6.8,7.3,4.9,3.2,2.2,1.8,2.5)
15656	台灣樹蔘	52.0	97.2	6.5	4.2
15657	香葉樹	50.1	95.5	7.4	6.5
15658	早田氏冬青	50.2	95.4	7.2	(3.1,2.5)
15659	台灣樹蔘	51.5	94.0	6.8	4.2
15660	台灣扁柏	52.7	94.0	5.0	1.8
15661	台灣扁柏	53.0	94.0	1.7	1.3
15662	台灣樹蔘	52.6	94.0	7.8	5.8
15663	台灣樹蔘	51.9	94.0	7.2	4.0
15664	厚皮香	52.5	94.0	1.6	1.2
15665	台灣扁柏	50.0	93.5	8.0	6.2
15666	台灣扁柏	51.0	92.0	8.2	9.3
15667	白花八角	50.8	92.0	1.8	1.4
15668	台灣扁柏	50.5	91.8	11.0	8.2
15669	台灣樹蔘	50.1	91.5	3.2	(2.5,1.7)
15670	台灣樹蔘	58.5	99.3	3.4	2.0
15671	香葉樹	50.5	91.0	2.0	2.1
15672	白花八角	51.5	91.0	3.0	1.7
15673	台灣樹蔘	51.7	90.1	6.5	(3.5,1.6)
15674	厚葉柃木	52.0	91.0	7.2	2.8
15675	香葉樹	53.5	90.2	10.0	4.6
15676	台灣扁柏	54.3	91.0	11.0	20.4
15677	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	54.3	91.8	9.0	11.8
15678	香葉樹	54.7	90.0	6.2	6.0
15679	早田氏冬青	55.5	91.7	4.0	2.1
15680	早田氏冬青	55.8	91.7	3.6	2.1
15681	假柃木	55.5	91.7	2.0	2.7
15682	假柃木	55.6	91.7	1.7	3.2
15683	假柃木	56.5	91.5	3.8	(2.7,2.5)
15684	台灣樹蔘	56.5	91.7	7.5	6.6

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15685	深山野牡丹	56.7	92.0	1.8	(1.1,1.0,1.1)
15686	早田氏冬青	56.5	92.5	3.5	3.1
15687	早田氏冬青	57.0	93.2	3.4	1.8
15688	台灣樹蔘	56.3	93.0	3.6	3.3
15689	厚葉柃木	57.2	94.0	1.7	1.2
15690	厚葉柃木	57.2	94.3	6.0	(1.6,3.8,4.2,2.3,2.6)
15691	台灣樹蔘	57.2	94.1	6.8	2.9
15692	台灣樹蔘	53.4	93.2	5.6	2.4
15693	厚葉柃木	53.5	91.5	2.1	1.7
15694	台灣扁柏	53.7	91.6	3.7	(2.1,1.0)
15695	早田氏冬青	53.7	92.0	2.8	1.3
15696	台灣扁柏	53.7	92.3	10.5	8.5
15697	白花八角	55.0	93.8	4.0	3.2
15698	白花八角	54.5	93.8	3.8	2.4
15699	台灣扁柏	53.9	94.0	10.0	15.0
15700	台灣扁柏	53.9	93.5	11.5	19.3
15701	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	53.2	93.5	9.0	5.5
15702	台灣樹蔘	53.2	93.6	2.4	2.5
15703	白花八角	53.5	95.0	5.4	3.8
15704	台灣樹蔘	55.0	97.5	3.3	2.0
15705	台灣扁柏	54.5	99.5	11.0	17.5
15706	台灣扁柏	54.5	100.0	10.0	16.7
15707	台灣扁柏	56.5	99.6	8.5	10.1
15708	香葉樹	56.8	99.4	7.0	2.5
15709	薯豆	56.5	98.0	9.8	(11.5,13.0)
15710	台灣樹蔘	55.8	97.7	3.2	1.2
15711	假柃木	55.8	97.7	2.0	1.5
15712	台灣樹蔘	56.0	96.7	3.2	1.6
15713	白花八角	57.3	99.4	2.8	1.8
15714	台灣扁柏	57.3	99.3	3.5	(5.4,2.1)
15715	台灣樹蔘	58.3	99.0	4.0	5.7
15716	台灣樹蔘	58.2	100.0	6.0	7.1
15717	台灣樹蔘	58.3	100.0	7.5	12.3
15718	厚葉柃木	58.0	100.0	6.0	2.2
15719	台灣扁柏	58.4	99.7	11.0	21.0
15720	台灣樹蔘	58.3	99.0	2.8	1.0

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15721	台灣扁柏	57.5	92.0	11.0	29.5
15722	厚葉柃木	56.6	91.5	5.8	2.1
15723	白花八角	56.8	91.5	1.8	1.7
15724	厚葉柃木	59.0	92.0	5.0	(2.1,4.0)
15725	香葉樹	60.0	90.0	4.0	4.0
15726	紅淡	59.8	93.5	3.4	(1.9,1.5,1.3)
15727	厚葉柃木	59.5	94.5	6.0	1.5
15728	白花八角	59.9	94.5	6.5	2.5
15729	台灣樹蔘	59.9	94.5	5.8	3.5
15730	白花八角	59.9	94.6	7.0	4.2
15731	紅淡	59.5	95.2	4.0	1.1
15732	白花八角	59.9	94.7	5.0	(1.2,1.0)
15733	高山新木薑子	59.0	95.0	5.0	2.8
15734	台灣樹蔘	59.2	94.8	6.0	(3.1,2.7)
15735	紅淡	59.2	94.5	3.5	2.1
15736	早田氏冬青	59.5	94.7	5.5	3.7
15737	紅淡	59.5	94.8	4.0	(1.8,1.8,1.7)
15738	紅淡	59.6	94.8	4.4	1.2
15739	紅淡	59.8	94.7	5.0	2.7
15740	白花八角	59.0	95.5	7.8	4.5
15741	白花八角	58.7	97.0	3.5	1.2
15742	白花八角	59.3	97.0	4.2	(1.7,1.3)
15743	台灣樹蔘	59.5	97.1	5.0	(2.6,2.2)
15744	白花八角	60.0	97.0	3.6	2.0
15745	台灣樹蔘	59.5	97.5	5.0	2.4
15746	白花八角	57.5	94.5	7.0	(4.4,1.2)
15747	香葉樹	56.0	94.4	6.0	4.0
15748	白花八角	55.9	94.3	5.2	(2.8,3.4)
15749	白花八角	55.7	94.0	4.2	2.1
15750	台灣扁柏	91.8	100.0	10.0	16.6
15751	早田氏冬青	92.1	99.8	5.4	(2.8,1.0)
15752	台灣扁柏	91.8	97.5	11.0	16.7
15753	台灣扁柏	91.8	97.5	11.0	(12.3,14.5)
15754	紅淡	93.0	99.5	5.6	2.5
15755	早田氏冬青	93.0	99.1	5.6	1.0
15756	薯豆	93.3	99.5	10.0	(7.1,8.8,10.5)

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15757	早田氏冬青	94.0	98.9	2.1	1.0
15758	楊梅	93.5	98.5	8.0	6.8
15759	薯豆	94.2	98.8	8.2	7.5
15760	紅淡	94.2	97.0	3.0	1.0
15761	白花八角	94.0	97.0	3.2	1.9
15762	台灣扁柏	94.0	96.5	11.0	15.6
15763	台灣樹蔘	94.5	97.1	3.5	1.5
15764	台灣樹蔘	94.6	97.0	4.0	(1.4,4.0,1.3,4.6,2.6,1.8)
15765	白花八角	94.6	97.0	3.8	2.3
15766	台灣樹蔘	95.0	97.1	3.2	1.4
15767	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	96.0	97.0	3.6	1.2
15768	台灣樹蔘	97.0	100.0	4.2	(3.1,3.1)
15769	豬腳楠 (紅楠)	97.5	100.0	5.6	1.6
15770	台灣樹蔘	99.0	100.0	6.0	3.8
15771	早田氏冬青	99.5	100.0	2.5	(2.9,2.0)
15772	白花八角	99.3	100.0	2.5	1.3
15773	台灣樹蔘	99.8	99.5	2.4	(2.5,3.3,2.5)
15774	紅淡	99.8	99.5	1.8	1.0
15775	台灣扁柏	100.0	97.0	11.0	21.7
15776	台灣扁柏	99.0	97.5	10.0	10.9
15777	白花八角	99.0	97.0	2.5	(1.1,1.0)
15778	白花八角	99.0	97.1	1.7	1.5
15779	薯豆	98.0	97.9	1.9	1.0
15780	台灣扁柏	98.0	97.0	1.9	1.3
15781	台灣扁柏	98.0	97.6	11.0	20.0
15782	台灣扁柏	97.3	97.8	10.0	13.6
15783	薯豆	97.0	96.9	7.5	(2.2,2.0,3.3,1.1)
15784	台灣樹蔘	96.8	96.5	7.0	2.1
15785	台灣樹蔘	96.8	96.0	5.4	2.2
15786	台灣樹蔘	97.0	96.5	4.6	2.0
15787	台灣樹蔘	96.9	96.5	5.5	(2.4,1.0,1.1,1.6)
15788	白花八角	96.0	96.0	4.0	1.8
15789	白花八角	96.0	96.3	4.8	3.1
15790	早田氏冬青	95.0	95.5	2.5	1.0
15791	白花八角	94.5	95.5	3.2	1.3
15792	白花八角	94.5	94.8	4.6	3.1

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15793	白花八角	93.8	94.5	5.7	2.2
15794	白花八角	93.8	95.5	3.0	1.6
15795	白花八角	93.8	95.0	5.2	2.4
15796	白花八角	93.7	95.1	5.8	2.4
15797	白花八角	93.0	93.5	4.5	(3.6,1.3)
15798	白花八角	91.0	94.5	2.5	(1.4,1.2)
15799	薯豆	90.1	97.0	8.0	8.1
15800	厚皮香	91.0	93.3	3.4	0.8
15801	白花八角	91.8	93.3	3.5	(1.1,1.2)
15802	白花八角	92.8	93.3	3.0	1.3
15803	白花八角	91.5	93.3	3.4	(1.0,1.9)
15804	台灣扁柏	91.7	93.0	3.0	1.8
15805	台灣扁柏	91.7	93.0	9.6	10.9
15806	台灣扁柏	91.6	93.0	8.0	6.7
15807	台灣扁柏	91.5	92.0	9.0	14.1
15808	台灣樹蔘	91.5	92.1	5.0	(2.8,1.2)
15809	早田氏冬青	91.5	93.1	7.0	4.2
15810	厚皮香	93.0	94.1	3.6	1.8
15811	白花八角	94.5	93.1	3.0	2.2
15812	台灣扁柏	94.0	92.8	8.5	5.8
15813	台灣扁柏	94.0	92.6	9.0	14.5
15814	薯豆	94.7	92.8	9.0	(8.9,9.9)
15815	台灣扁柏	95.0	93.0	12.0	18.5
15816	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	95.0	90.5	2.8	1.9
15817	紅淡	97.0	94.5	5.5	1.9
15818	大葉越橘	97.3	95.0	6.0	2.1
15819	白花八角	97.9	96.0	2.3	1.4
15820	台灣樹蔘	97.9	95.8	2.3	1.2
15821	厚皮香	97.5	94.0	3.2	1.2
15822	白花八角	97.5	93.0	1.8	1.0
15823	薯豆	98.2	92.8	9.5	(6.8,3.9)
15824	白花八角	97.5	92.5	5.4	2.0
15825	厚葉柃木	97.4	92.6	4.8	1.0
15826	台灣樹蔘	98.0	91.0	5.2	(1.2,2.7,1.9,2.5,1.5)
15827	台灣樹蔘	97.5	92.0	5.0	(1.9,2.2,2.3,1.9,1.5,1.4)
15828	台灣樹蔘	98.0	91.6	6.0	3.2

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15829	台灣樹蔘	98.2	91.6	6.0	(2.2,2.2,2.6,1.6)
15830	台灣樹蔘	97.5	90.5	6.0	2.3
15831	早田氏冬青	97.6	90.4	4.8	2.1
15832	早田氏冬青	97.0	90.8	4.6	(2.9,2.1)
15833	早田氏冬青	97.0	91.8	3.5	1.3
15834	紅淡	97.3	90.0	0.5	2.0
15835	白花八角	97.5	90.0	0.5	1.2
15836	白花八角	97.3	90.0	0.5	2.0
15837	早田氏冬青	96.0	92.3	4.0	(3.5,1.8,1.6)
15838	台灣扁柏	93.5	91.0	7.0	7.1
15839	台灣扁柏	93.5	90.8	11.0	16.6
15840	台灣樹蔘	93.8	93.0	2.0	1.3
15841	早田氏冬青	93.5	92.5	3.2	1.8
15842	白花八角	93.0	93.0	3.6	(1.0,2.4)
15843	白花八角	93.0	92.0	3.0	1.2
15844	台灣扁柏	92.8	93.8	3.0	1.9
15845	紅淡	93.7	93.8	1.9	1.2
15846	白花八角	92.0	92.3	3.4	(2.4,2.2)
15847	白花八角	91.9	92.0	3.2	2.2
15848	白花八角	90.8	92.3	4.8	1.7
15849	紅淡	91.6	92.2	5.4	2.3
15850	台灣樹蔘	91.0	91.8	3.2	1.5
15851	白花八角	90.7	91.5	6.0	3.4
15852	台灣扁柏	92.0	90.0	10.0	10.3
15853	台灣樹蔘	90.0	90.0	8.8	5.8
15854	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	90.5	93.0	5.0	2.7
15855	台灣扁柏	90.0	93.5	10.0	9.0
15856	紅淡	91.5	59.5	3.6	2.5
15857	台灣樹蔘	91.7	57.5	5.8	(7.7,4.0,3.9,3.0)
15858	台灣樹蔘	91.7	60.0	5.8	2.7
15859	白花八角	92.0	60.0	5.8	4.0
15860	深山野牡丹	92.7	59.7	3.0	1.3
15861	白花八角	92.8	59.9	6.4	3.3
15862	白花八角	92.9	59.9	6.4	3.6
15863	台灣扁柏	93.5	60.0	11.5	19.4
15864	杜英	92.5	57.5	7.2	5.4

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15865	白花八角	93.0	58.1	3.6	1.1
15866	紅淡	93.0	57.5	3.4	1.9
15867	厚葉柃木	92.5	56.5	8.0	(2.9,3.6)
15868	白花八角	92.4	55.5	3.2	(2.6,1.7)
15869	台灣扁柏	92.5	55.4	10.0	10.3
15870	假柃木	92.6	55.6	1.7	1.1
15871	台灣扁柏	93.0	56.0	10.0	(12.1,2.5)
15872	早田氏冬青	93.3	56.6	3.2	1.8
15873	早田氏冬青	93.4	56.6	1.8	1.0
15874	台灣扁柏	93.6	56.7	10.0	19.0
15875	紅淡	94.0	56.5	3.6	1.6
15876	厚葉柃木	93.5	55.9	3.2	(1.2,1.5)
15877	台灣樹蔘	93.3	55.0	4.0	1.4
15878	豬腳楠 (紅楠)	93.3	55.0	7.8	4.5
15879	早田氏冬青	93.5	55.1	3.0	1.6
15880	台灣樹蔘	94.0	55.5	3.6	1.5
15881	台灣樹蔘	95.1	54.2	4.0	2.4
15882	早田氏冬青	94.9	59.0	3.0	(1.2,1.0)
15883	台灣杜鵑	95.3	58.9	5.4	2.9
15884	台灣杜鵑	95.3	59.0	5.4	(3.2,1.2,1.0)
15885	台灣杜鵑	95.3	59.9	5.2	4.2
15886	台灣杜鵑	95.8	59.5	5.3	5.0
15887	台灣杜鵑	96.3	58.5	1.8	1.3
15888	台灣樹蔘	95.8	58.0	3.4	2.5
15889	白花八角	96.3	59.0	4.0	2.9
15890	台灣樹蔘	96.7	60.0	4.0	(3.1,2.7)
15891	台灣樹蔘	98.0	59.9	3.4	3.1
15892	台灣扁柏	99.0	60.0	11.0	17.3
15893	台灣杜鵑	98.5	59.5	3.4	1.2
15894	白花八角	98.7	59.0	3.2	1.0
15895	台灣扁柏	98.5	58.5	10.0	4.7
15896	台灣樹蔘	97.5	57.5	3.0	1.8
15897	台灣扁柏	98.0	57.5	10.0	13.4
15898	變葉新木薑子	99.0	58.0	7.0	2.3
15899	早田氏冬青	99.5	58.5	3.2	2.7
15900	台灣樹蔘	99.5	59.0	4.0	2.4

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15901	月桂葉灰木 (瑞香葉灰木)	99.2	57.1	9.0	(1.3,6.2,3.4,4.8,3.0)
15902	台灣扁柏	99.5	56.4	5.6	3.0
15903	台灣扁柏	98.7	56.5	5.0	4.5
15904	台灣扁柏	98.7	56.7	11.0	(7.1,14.3)
15905	台灣扁柏	99.8	56.0	6.2	3.6
15906	台灣扁柏	98.0	54.8	10.5	12.1
15907	厚葉柃木	100.0	55.5	9.0	7.6
15908	紅淡	99.7	56.1	5.5	1.4
15909	早田氏冬青	99.2	55.1	4.2	(1.9,2.4)
15910	台灣樹蔘	99.1	54.0	6.0	2.5
15911	白花八角	98.0	54.0	5.8	2.8
15912	台灣樹蔘	97.0	57.5	3.7	2.5
15913	早田氏冬青	96.5	56.0	2.0	1.1
15914	紅淡	96.0	56.0	2.1	1.0
15915	刻脈冬青	95.5	57.7	2.2	1.3
15916	厚葉柃木	95.5	56.0	3.5	2.6
15917	台灣扁柏	94.5	56.9	11.5	23.6
15918	台灣扁柏	95.5	56.1	11.0	16.4
15919	深山野牡丹	94.5	56.8	1.7	1.0
15920	白花八角	95.0	56.0	3.4	1.6
15921	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	96.5	56.8	4.0	2.9
15922	厚葉柃木	96.0	56.5	3.4	1.3
15923	厚葉柃木	96.2	56.5	3.4	1.5
15924	台灣扁柏	96.5	55.9	4.0	1.5
15925	黑星櫻 (墨點櫻桃)	96.5	55.0	5.0	1.9
15926	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	96.8	54.8	2.8	1.8
15927	紅淡	96.0	55.1	5.2	2.5
15928	白花八角	95.0	56.1	4.0	2.0
15929	台灣樹蔘	95.5	55.2	7.5	6.1
15930	紅淡	94.5	56.0	3.2	2.6
15931	白花八角	95.0	56.0	3.2	1.8
15932	薯豆	94.7	55.3	3.8	2.5
15933	早田氏冬青	94.5	55.5	4.0	1.5
15934	紅淡	94.5	55.7	4.2	1.9
15935	白花八角	94.5	56.5	2.5	1.6
15936	紅淡	94.3	55.2	4.2	2.5

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
15937	白花八角	94.3	55.0	2.5	(1.3,1.0)
15938	台灣樹蔘	94.2	55.4	8.5	6.0
15939	台灣扁柏	96.8	54.2	4.0	4.0
15940	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	94.5	54.7	2.3	1.9
15941	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	94.5	54.7	6.0	2.6
15942	台灣樹蔘	94.5	55.7	9.0	(6.5,13.7)
15943	白花八角	95.8	55.0	3.0	1.0
15944	紅淡	94.0	56.1	3.2	1.6
15945	紅淡	93.8	55.5	3.8	1.8
15946	紅淡	93.8	55.2	3.2	2.3
15947	台灣樹蔘	93.7	54.9	5.4	(1.2,1.2,1.3)
15948	紅淡	93.7	54.8	5.8	2.8
15949	高山新木薑子	93.6	55.0	9.5	(6.3,5.5)
15950	紅淡	93.6	54.3	3.2	1.7
15951	紅淡	93.3	54.6	5.0	2.4
15952	紅淡	93.3	54.8	3.2	1.3
15953	紅淡	93.2	54.6	4.0	2.6
15954	台灣樹蔘	92.2	54.1	8.2	(1.5,4.1)
15955	早田氏冬青	91.0	56.0	5.4	2.3
15956	紅淡	91.0	55.5	5.2	(3.6,4.5)
15957	台灣樹蔘	92.8	53.0	7.0	(3.3,6.9)
15958	台灣扁柏	91.6	52.8	11.0	9.8
15959	早田氏冬青	91.2	56.0	2.1	1.3
15960	台灣樹蔘	91.0	51.8	9.0	8.4
15961	台灣扁柏	90.8	51.8	11.0	16.4
15962	台灣扁柏	90.9	51.8	2.4	3.2
15963	台灣扁柏	90.5	51.8	4.8	1.5
15964	台灣扁柏	91.5	51.0	6.0	15.6
15965	台灣扁柏	91.5	51.0	7.0	4.4
15966	台灣扁柏	91.4	51.0	9.0	7.1
15967	台灣扁柏	90.9	51.0	12.0	(4.7,2.2,16.1)
15968	台灣扁柏	92.5	51.5	11.0	16.8
15969	台灣樹蔘	92.5	51.3	6.0	(13.8,4.1)
15970	香葉樹	90.0	50.0	6.0	(4.9,4.6)
15971	台灣杜鵑	93.0	50.5	2.0	1.2
15972	台灣杜鵑	93.0	51.0	4.2	2.2

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
15973	台灣扁柏	93.0	50.0	9.0	8.7
15974	台灣杜鵑	93.5	51.0	4.4	(2.4,1.8)
15975	台灣樹蔘	94.0	51.5	8.8	8.1
15976	白花八角	94.0	54.0	6.6	3.4
15977	阿里山茵芋	94.0	54.1	2.4	1.1
15978	厚皮香	94.2	53.0	3.2	(4.0,1.1)
15979	紅淡	94.2	52.5	3.6	(1.6,1.1)
15980	台灣扁柏	94.3	53.9	10.0	18.3
15981	台灣樹蔘	94.5	54.1	9.8	7.2
15982	台灣樹蔘	95.5	54.0	3.5	(2.0,1.2)
15983	紅淡	95.0	52.5	3.4	1.5
15984	台灣樹蔘	96.8	54.0	8.0	3.6
15985	香葉樹	94.8	50.5	5.4	3.1
15986	台灣扁柏	95.8	51.0	9.5	8.2
15987	紅淡	95.8	50.2	3.4	(1.3,1.2)
15988	薯豆	96.2	50.5	2.8	1.2
15989	早田氏冬青	96.3	51.5	2.4	1.0
15990	厚葉柃木	96.8	50.6	5.6	2.9
15991	台灣扁柏	97.0	51.0	11.0	21.5
15992	台灣扁柏	97.2	51.1	11.0	21.0
15993	白花八角	98.2	50.3	3.0	1.9
15994	台灣樹蔘	98.2	51.0	3.4	1.3
15995	台灣扁柏	98.8	51.5	11.0	14.2
15996	白花八角	98.8	52.0	5.0	(2.9,2.4)
15997	紅淡	99.0	53.0	2.0	1.3
15998	白花八角	98.5	50.8	7.0	3.1
15999	台灣扁柏	98.4	50.7	7.2	3.4
16000	玉山假沙梨	98.0	50.2	6.0	3.1
16001	台灣扁柏	99.0	9.9	12.0	(14.0,8.1)
16002	台灣扁柏	98.5	9.5	10.0	7.5
16003	變葉新木薑子	99.5	8.0	6.0	2.7
16004	台灣樹蔘	99.0	7.8	6.5	5.7
16005	厚皮香	99.0	7.0	6.3	3.0
16006	豬腳楠 (紅楠)	98.0	7.1	2.2	1.3
16007	台灣扁柏	98.0	8.0	9.0	8.5
16008	香桂	98.2	8.0	2.8	1.7

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
16009	白花八角	97.8	9.0	3.2	1.5
16010	台灣扁柏	97.5	8.0	9.0	6.7
16011	台灣扁柏	96.5	7.5	8.0	3.9
16012	薯豆	96.8	8.0	2.9	1.0
16013	大葉越橘	95.5	8.0	3.8	1.9
16014	台灣扁柏	97.0	9.0	7.8	7.6
16015	台灣扁柏	95.8	9.5	10.0	10.9
16016	台灣扁柏	95.5	9.1	11.0	13.0
16017	台灣扁柏	96.0	8.0	11.5	15.5
16018	豬腳楠 (紅楠)	95.9	7.0	4.0	2.3
16019	高山新木薑子	95.0	7.8	5.2	4.4
16020	台灣扁柏	95.5	7.5	12.0	20.7
16021	台灣樹蔘	94.9	8.9	4.0	1.2
16022	厚皮香	94.8	9.5	3.6	1.5
16023	紅淡	94.5	9.0	7.0	3.4
16024	早田氏冬青	91.5	9.0	8.0	(5.8,7.4,5.2,4.8,2.6,8.3,4.5,2.4,3.4,5.5)
16025	白花八角	96.0	7.0	3.8	1.5
16026	薯豆	95.5	7.0	4.0	(2.3,3.1)
16027	豬腳楠 (紅楠)	95.5	6.0	10.0	6.0
16028	台灣扁柏	93.5	5.0	12.0	18.2
16029	台灣樹蔘	92.0	5.5	4.5	3.7
16030	台灣樹蔘	90.5	5.5	2.1	1.2
16031	白花八角	92.0	5.4	2.4	1.3
16032	假柃木	91.5	3.5	1.8	1.1
16033	台灣扁柏	90.5	2.5	12.0	26.5
16034	台灣樹蔘	93.0	2.8	5.2	3.4
16035	台灣樹蔘	91.5	1.8	5.4	3.5
16036	台灣樹蔘	91.5	1.5	6.0	2.4
16037	豬腳楠 (紅楠)	91.5	1.0	9.0	(7.2,3.8)
16038	台灣扁柏	94.0	1.5	10.0	19.0
16039	早田氏冬青	93.2	1.0	4.5	1.9
16040	豬腳楠 (紅楠)	93.4	1.0	9.0	6.6
16041	台灣扁柏	94.5	3.0	3.4	2.0
16042	白花八角	93.5	3.6	4.8	4.0
16043	台灣扁柏	93.5	4.0	11.0	17.3
16044	白花八角	94.5	4.0	3.2	1.6

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
16045	台灣扁柏	94.5	5.0	11.0	19.2
16046	台灣扁柏	97.0	5.0	10.0	20.8
16047	豬腳楠 (紅楠)	98.5	5.0	11.0	8.0
16048	台灣樹蔘	98.5	4.0	3.3	2.6
16049	白花八角	98.0	4.0	5.1	3.1
16050	台灣扁柏	97.0	4.0	6.2	(6.2,3.8)
16051	台灣樹蔘	98.5	4.1	11.0	9.2
16052	台灣樹蔘	98.4	3.9	9.0	5.2
16053	台灣樹蔘	99.0	4.0	10.0	12.1
16054	高山新木薑子	99.5	3.5	9.0	(5.4,4.4,3.4)
16055	台灣鵝掌柴 (台灣鴨腳木)	99.0	3.5	7.0	2.8
16056	變葉新木薑子	99.2	2.8	7.2	(1.9,1.2,3.3)
16057	台灣扁柏	98.0	3.0	8.8	8.3
16058	台灣扁柏	99.9	2.0	9.0	12.6
16059	台灣扁柏	99.7	1.8	9.0	3.5
16060	台灣樹蔘	99.5	2.5	4.0	2.9
16061	台灣扁柏	99.0	1.2	7.8	7.5
16062	紅淡	98.0	1.2	3.6	(1.8,1.7,1.4)
16063	台灣樹蔘	97.2	1.0	10.0	4.8
16064	台灣樹蔘	96.5	1.5	9.5	3.6
16065	白花八角	96.4	1.4	4.8	2.8
16066	台灣樹蔘	96.5	2.0	6.2	3.6
16067	大葉越橘	96.5	0.5	5.0	3.2
16068	厚皮香	97.1	2.5	3.8	1.3
16069	台灣樹蔘	97.1	2.8	8.0	(5.3,4.7,6.4)
16070	白花八角	97.1	2.5	6.0	1.6
16071	台灣樹蔘	97.1	2.3	7.8	(2.0,2.3,2.3,4.9,2.7,2.7,3.1)
16072	台灣樹蔘	97.1	2.1	5.8	3.1
16073	台灣扁柏	94.3	1.0	3.3	3.3
16074	台灣扁柏	9.0	1.0	12.0	26.4
16075	大葉越橘	9.3	2.0	6.0	4.9
16076	豬腳楠 (紅楠)	8.0	2.0	5.8	2.5
16077	白花八角	7.0	1.0	2.2	1.5
16078	白花八角	7.0	0.5	0.2	2.2
16079	台灣扁柏	7.0	3.0	6.4	5.5
16080	厚皮香	6.5	2.5	5.2	5.3

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 (m)	胸高徑 (cm)
16081	白花八角	6.0	2.8	5.1	4.9
16082	台灣扁柏	8.9	3.0	9.0	10.6
16083	台灣扁柏	6.0	6.0	12.0	24.1
16084	台灣扁柏	5.0	6.5	11.5	20.3
16085	豬腳楠 (紅楠)	6.0	7.0	11.0	(5.2,8.8,10.3)
16086	台灣扁柏	5.0	9.0	13.0	28.0
16087	薯豆	3.0	9.0	9.5	8.6
16088	薯豆	3.4	9.0	4.2	3.2
16089	早田氏冬青	2.5	9.0	3.0	1.2
16090	紅淡	2.4	8.0	5.5	4.4
16091	台灣扁柏	2.5	9.0	11.0	(17.9,20.9)
16092	台灣扁柏	2.6	10.0	3.2	4.3
16093	台灣樹蔘	2.3	9.0	3.0	(2,2.4,1.0,1.3,2.4,1.1)
16094	早田氏冬青	1.5	9.9	1.7	1.6
16095	豬腳楠 (紅楠)	1.5	8.5	9.5	9.3
16096	台灣扁柏	2.5	7.5	12.0	21.9
16097	早田氏冬青	3.0	7.5	3.0	2.3
16098	厚皮香	2.8	7.3	3.2	3.3
16099	白花八角	2.7	7.4	3.0	(2.4,2.2,3.3,1.5)
16100	白花八角	5.8	3.0	3.4	2.2
16101	台灣扁柏	5.0	1.5	11.2	20.8
16102	台灣樹蔘	5.0	1.0	4.5	(2.4,2.1)
16103	紅淡	4.7	1.0	6.7	2.7
16104	白花八角	1.5	1.0	4.0	2.0
16105	台灣扁柏	1.5	1.0	11.5	18.7
16106	早田氏冬青	1.5	0.0	5.3	3.1
16107	紅淡	3.0	2.5	4.5	3.1
16108	薯豆	2.0	1.5	5.2	(3.3,2.6)
16109	白花八角	2.5	2.5	6.0	5.2
16110	玉山灰木	1.8	3.0	3.7	2.1
16111	白花八角	2.5	3.8	3.2	1.7
16112	白花八角	3.0	3.0	2.0	(1.3,1.2)
16113	變葉新木薑子	3.0	4.9	3.5	3.7
16114	台灣扁柏	3.0	5.0	13.0	30.5
16115	白花八角	2.5	4.5	2.8	1.7
16116	白花八角	1.0	2.0	5.8	(3.6,4.0,4.3)

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
16117	台灣樹蔘	0.5	2.0	5.6	(2.6,2.9)
16118	台灣扁柏	1.0	5.5	12.0	25.2
16119	白花八角	51.0	51.0	5.7	5.9
16120	早田氏冬青	50.5	51.0	4.7	2.6
16121	台灣樹蔘	51.0	53.0	5.0	(3.0,3.7)
16122	變葉新木薑子	50.8	53.0	5.0	(4.2,1.1)
16123	早田氏冬青	51.5	53.0	2.0	1.0
16124	台灣樹蔘	51.0	53.5	6.3	3.2
16125	台灣樹蔘	51.0	53.6	6.1	1.9
16126	台灣扁柏	53.0	53.5	12.0	20.4
16127	台灣紅榨槭	52.8	50.5	11.0	12.5
16128	台灣扁柏	54.0	50.0	12.0	15.3
16129	大葉越橘	51.5	52.0	3.5	2.6
16130	薯豆	55.0	52.3	12.0	10.6
16131	白花八角	55.1	52.5	5.7	3.0
16132	大葉越橘	55.5	52.4	7.8	4.0
16133	薯豆	55.0	53.1	9.0	8.5
16134	台灣扁柏	55.9	53.3	10.0	16.6
16135	台灣扁柏	55.2	53.8	8.8	9.6
16136	台灣扁柏	56.5	53.0	8.8	13.7
16137	大葉越橘	56.7	52.8	8.0	3.9
16138	台灣扁柏	57.0	52.7	12.5	21.3
16139	紅淡	56.5	52.0	4.2	2.1
16140	豬腳楠 (紅楠)	57.3	51.0	5.8	3.7
16141	白花八角	53.5	54.5	2.2	1.5
16142	紅淡	53.5	54.6	5.0	2.0
16143	紅淡	53.5	54.8	3.4	1.7
16144	變葉新木薑子	57.0	52.3	2.0	1.8
16145	白花八角	57.2	50.5	3.0	1.9
16146	台灣扁柏	57.7	50.5	3.8	3.2
16147	台灣扁柏	57.9	50.5	13.0	21.6
16148	香葉樹	59.8	51.0	3.8	2.7
16149	台灣紅榨槭	57.4	52.1	10.0	9.7
16150	豬腳楠 (紅楠)	59.9	50.2	9.0	4.8
16151	台灣扁柏	59.0	51.5	10.0	7.3
16152	台灣扁柏	60.0	51.0	6.0	4.8

## 9. 附錄二 植被調查結果 (續)

編號	中文名	X 座標	Y 座標	高度 ( m )	胸高徑 ( cm )
16153	台灣扁柏	59.8	51.5	13.0	28.8
16154	台灣扁柏	57.5	54.0	10.0	13.5
16155	早田氏冬青	57.0	55.0	3.5	1.8
16156	變葉新木薑子	57.0	56.0	10.8	(6.7,6.0,5.3,6.0)
16157	刻脈冬青	58.0	57.5	4.5	1.1
16158	香葉樹	57.9	59.0	8.0	(5.8,7.1,10.0)
16159	台灣樹蔘	58.0	59.9	3.2	1.4
16160	台灣扁柏	56.0	59.0	10.5	9.7
16161	台灣扁柏	54.5	59.0	13.0	26.8
16162	早田氏冬青	54.5	59.9	3.0	1.4
16163	台灣扁柏	53.5	59.0	11.0	19.0
16164	薯豆	53.3	57.5	11.0	(15.7,12.3)
16165	台灣扁柏	53.3	57.0	9.0	9.5
16166	台灣扁柏	54.0	57.0	12.0	18.2
16167	台灣樹蔘	53.2	57.0	8.0	4.3
16168	台灣樹蔘	52.0	57.0	3.4	1.6
16169	紅淡	51.8	57.0	2.2	1.0
16170	白花八角	52.3	56.9	3.6	2.0
16171	台灣扁柏	10.3	95.4	12.5	24.0
16172	早田氏冬青	50.9	1.5	3.3	2.9

## 10. 附錄三 化學分析結果

### 10.1 重力沈降於各次採樣期間之離子濃度( $\mu\text{eq l}^{-1}$ )與水量(mm) (n.d. : not detectable)

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	水量
20020530	0.37	179.69	9.99	24.85	20.08	92.11	26.81	22.10	6.22	27.2
20030613	0.43	207.49	2.14	26.58	22.32	114.67	18.98	23.63	2.64	190.8
20020627	3.40	52.04	1.76	6.91	5.35	6.31	36.27	5.73	0.63	63.5
20020711	3.98	21.94	1.98	8.76	5.08	0.39	20.05	4.92	0.28	676.0
20020725	3.69	14.62	2.13	7.48	5.22	3.22	15.41	5.24	n.d.	70.0
20020808	3.63	n.d.	2.35	8.94	6.05	4.44	3.07	5.97	n.d.	65.5
20020821	8.60	n.d.	1.81	5.65	6.30	8.41	5.72	8.15	n.d.	92.4
20020904	19.79	n.d.	n.d.	8.19	8.41	9.75	3.92	13.23	n.d.	24.5
20020919	15.47	n.d.	n.d.	8.07	8.39	15.80	3.55	13.87	n.d.	348.7
20021003	10.63	n.d.	n.d.	8.19	8.23	20.19	3.07	13.31	0.20	29.7
20021017	3.75	15.41	31.81	3.65	3.25	2.39	41.70	2.90	n.d.	198.3
20021106	4.13	8.44	17.42	2.93	2.59	n.d.	24.10	1.94	n.d.	173.2
20021120	4.02	39.62	11.60	3.02	2.52	n.d.	35.69	2.18	n.d.	59.5
20021205	4.29	51.02	n.d.	2.91	2.39	n.d.	30.87	2.42	n.d.	69.7
20021225	3.97	92.33	2.38	3.09	2.29	n.d.	55.88	2.42	1.11	127.7
20030108	4.43	n.d.	12.83	2.69	1.75	2.99	14.47	1.61	0.49	131.3
20030121	4.79	n.d.	8.49	2.67	1.62	2.05	9.91	1.13	n.d.	18.7
20030211	4.38	n.d.	n.d.	3.08	1.68	3.07	1.32	1.77	n.d.	41.1
20030226	5.21	n.d.	n.d.	8.06	2.76	2.36	2.21	1.53	0.28	9.0
20030313	11.32	0.24	n.d.	9.69	3.95	2.69	3.55	6.21	0.35	39.4
20030327	10.26	0.22	0.67	8.56	3.35	5.21	4.59	5.65	0.35	27.5
20030413	12.94	0.33	1.01	5.86	2.88	5.47	5.12	7.10	0.69	118.7
20030501	7.15	0.86	0.84	6.86	4.52	4.27	4.97	5.73	0.28	58.5
20030515	6.46	0.93	n.d.	7.74	5.54	0.26	3.69	6.21	1.04	12.5
20030528	5.32	1.11	n.d.	7.44	4.88	0.26	3.89	4.19	0.49	33.0

**10.2 穿落水於各次採樣期間之離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與水量 (mm) (n.d. : not detectable )**

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	水量
20030613	10.82	n.d.	n.d.	54.22	16.99	n.d.	7.49	1.41	2.94	158.7
20020627	3.28	3.83	16.66	21.70	13.66	25.71	8.08	8.85	7.73	58.0
20020711	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20020725	3.16	4.43	8.82	9.28	4.22	9.75	6.32	3.70	9.70	56.0
20020808	9.99	9.30	21.24	24.88	12.90	30.75	10.81	9.09	9.40	52.3
20020821	6.40	4.50	19.62	17.71	7.27	8.67	13.78	6.44	8.61	69.5
20020904	4.48	13.06	62.70	62.38	30.56	60.83	27.07	31.32	6.48	17.8
20020919	12.68	9.46	11.99	21.13	6.55	3.02	12.06	5.17	10.09	284.2
20021003	2.69	12.14	17.41	27.01	9.68	6.49	15.57	3.35	6.92	51.4
20021017	6.18	30.16	18.60	20.20	5.68	2.78	17.37	2.84	6.96	182.0
20021106	9.98	46.70	58.46	9.71	9.16	0.53	17.41	0.77	5.10	150.5
20021120	2.08	160.13	99.20	30.94	33.49	n.d.	34.97	2.20	2.76	43.3
20021205	2.81	173.72	52.88	32.24	28.01	n.d.	16.07	1.01	1.82	55.7
20021225	2.04	393.05	49.24	17.85	16.68	n.d.	19.29	2.04	1.83	101.5
20030108	3.51	34.52	15.79	13.58	7.42	n.d.	6.89	0.83	3.65	122.4
20030121	31.09	606.90	51.42	100.72	68.74	n.d.	68.73	18.19	2.28	14.1
20030211	20.10	296.80	59.65	73.84	52.96	n.d.	37.29	9.40	3.81	24.7
20030226	3.83	101.97	24.19	17.29	9.76	1.35	14.42	1.12	4.44	8.2
20030313	10.79	380.21	57.51	52.39	26.13	n.d.	56.11	3.25	1.63	32.0
20030327	3.79	172.16	36.74	21.86	9.62	n.d.	20.03	2.13	0.57	21.6
20030413	4.52	17.02	20.47	9.09	4.77	10.10	6.66	3.10	0.42	99.2
20030501	6.03	4.76	26.06	23.05	8.88	22.84	11.50	7.07	0.46	49.7
20030515	1.17	11.74	43.09	47.09	15.94	79.05	20.10	10.67	0.29	7.4
20030528	2.67	5.32	42.76	29.17	15.46	39.86	9.81	4.33	0.56	23.4

**10.3 幹流水於各次採樣期間之離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與水量 (mm) (n.d. : not detectable)**

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	水量
20020808	104.71	32.01	11.28	16.06	3.52	0.61	12.17	0.73	0.83	0.9
20020821	51.29	24.72	7.20	7.10	0.84	n.d.	8.07	0.68	n.d.	-
20020904	27.78	90.54	73.55	113.97	33.92	24.25	93.20	18.70	19.46	0.05
20020919	46.77	26.87	11.48	5.98	0.95	n.d.	17.16	0.94	1.25	10.7
20021003	112.22	26.94	6.33	8.34	1.63	1.24	14.31	0.77	0.68	2.0
20021017	62.60	17.40	5.59	1.22	0.45	n.d.	16.10	0.30	0.17	6.6
20021106	84.36	15.71	4.19	4.52	1.03	n.d.	11.46	0.55	0.87	8.4
20021120	144.58	45.04	9.06	4.44	2.81	0.03	46.83	0.41	0.41	1.9
20021205	131.47	28.74	5.60	2.84	2.50	n.d.	15.63	0.59	0.74	3.3
20021225	66.66	20.23	19.48	1.70	0.77	n.d.	27.85	0.35	1.75	6.5
20030108	45.20	8.89	1.75	2.16	0.20	n.d.	5.44	0.06	1.12	9.8
20030121	366.28	124.31	12.40	9.14	3.40	n.d.	81.78	0.50	1.30	0.7
20030211	321.70	111.10	19.58	34.10	19.16	n.d.	60.53	0.25	1.00	0.1
20030226	282.78	82.13	19.61	18.89	5.28	n.d.	63.07	n.d.	1.41	0.1
20030313	224.31	216.00	18.43	32.75	7.91	n.d.	99.90	0.55	3.25	1.4
20030327	173.96	187.26	11.19	4.29	1.20	n.d.	28.33	0.35	0.54	0.6
20030413	101.11	142.03	4.44	3.02	0.24	2.15	6.54	0.63	0.60	6.6
20030501	87.39	55.18	11.15	30.53	2.92	8.55	15.47	1.37	0.25	0.7
20030515	1.25	18.54	161.39	124.21	13.83	198.61	41.80	2.59	0.95	0.02
20030528	122.52	182.37	24.89	59.49	6.08	14.35	19.63	0.45	0.56	0.3

**10.4 樹冠層上方雲霧於各次採樣期間之離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與重量 (g)**  
( n.d. : not detectable )

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	重量
20020919	23.99	64.96	7.45	58.21	17.49	69.20	42.88	107.05	n.d.	846
20021003	26.30	41.16	24.00	11.07	13.48	72.78	63.92	42.07	0.73	-
20021017	85.11	61.37	25.84	25.99	19.16	46.74	86.52	63.52	n.d.	1060
20021106	54.95	22.51	10.44	15.18	6.98	22.38	19.39	33.94	n.d.	-
20021120	3.89	254.98	7.63	40.99	13.88	37.75	41.47	49.21	n.d.	-
20021205	33.88	44.56	9.78	40.10	18.21	94.27	52.17	55.18	n.d.	910
20021225	34.67	52.81	5.60	26.86	13.47	20.28	50.46	43.73	0.21	1082
20030108	39.81	11.39	5.73	7.51	3.06	42.29	9.80	21.58	n.d.	786
20030211	48.98	39.26	9.72	38.87	13.49	134.80	29.22	47.92	n.d.	640
20030226	37.15	29.06	6.71	17.60	11.06	101.27	17.19	58.08	n.d.	580
20030313	42.66	15.82	n.d.	14.07	5.81	115.88	26.19	52.50	1.04	1066
20030327	83.18	17.08	n.d.	19.70	5.79	244.23	34.60	94.20	1.25	-
20030413	52.48	n.d.	n.d.	9.87	2.22	138.40	14.50	34.31	0.63	980
20030501	100.00	37.12	n.d.	21.51	7.42	72.05	26.53	57.17	0.83	-
20030515	97.72	28.68	n.d.	82.88	11.69	241.53	37.20	136.20	0.42	593
20030528	85.11	1.99	n.d.	49.14	0.89	143.34	10.63	48.16	0.42	1174

**10.5 枝下高雲霧於各次採樣期間之離子濃度(  $\mu\text{eq l}^{-1}$  )與重量( g ) ( n.d. : not detectable )**

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	重量
20021120	0.35	30.98	16.03	53.51	13.92	103.10	34.39	48.26	0.73	276
20021225	20.42	25.66	7.55	21.97	13.18	44.52	30.53	38.83	n.d.	364
20030108	33.88	19.91	10.39	12.91	5.78	115.05	29.32	32.96	n.d.	446
20030211	1.17	5.30	2.33	6.71	3.35	25.08	9.53	7.83	n.d.	226
20030226	6.92	24.68	8.23	27.10	10.50	88.60	12.74	34.92	n.d.	116
20030313	0.89	207.83	n.d.	81.71	21.10	89.63	149.41	41.56	0.63	213
20030327	19.95	5.03	n.d.	16.73	6.60	245.52	34.69	68.23	0.63	-
20030413	7.24	n.d.	n.d.	15.89	3.24	135.84	9.99	16.26	0.42	328
20030501	67.61	53.62	n.d.	31.61	8.40	84.58	34.60	48.09	0.42	-
20030515	109.65	32.82	n.d.	50.17	9.41	127.83	46.53	93.23	0.42	173
20030528	61.66	7.49	n.d.	5.59	3.44	217.00	22.62	60.41	0.21	266

**10.6 地面雲霧於各次採樣期間之離子濃度 ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) 與重量 (g) (n.d. : not detectable )**

	H	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	重量
20021017	87.10	54.53	21.12	33.31	21.92	75.47	51.84	69.63	n.d.	414
20021106	26.92	22.61	15.56	10.18	7.22	54.51	16.52	26.37	n.d.	-
20021120	0.59	36.10	19.77	59.63	17.77	79.48	39.22	68.95	0.63	276
20021205	10.72	71.32	22.84	68.66	22.70	216.85	72.57	40.94	n.d.	250
20021225	1.58	30.21	12.69	29.18	12.99	58.11	31.46	30.05	n.d.	288
20030108	32.36	14.84	10.10	22.25	6.81	106.81	25.61	30.96	0.21	564
20030211	6.92	12.43	7.36	13.43	6.11	99.13	14.57	22.91	n.d.	262
20030226	0.51	20.07	17.07	24.33	10.41	149.61	26.54	24.93	n.d.	172
20030313	43.65	15.44	n.d.	31.07	12.76	185.94	40.31	35.18	0.63	399
20030413	3.24	n.d.	n.d.	6.66	1.76	145.03	11.42	11.82	0.63	342
20030501	7.76	62.31	n.d.	30.75	11.18	143.07	37.71	49.07	n.d.	-
20030515	7.59	33.82	n.d.	44.94	17.42	212.61	48.94	87.50	0.21	142
20030528	5.50	n.d.	7.66	14.91	3.46	204.22	19.74	53.36	0.21	375