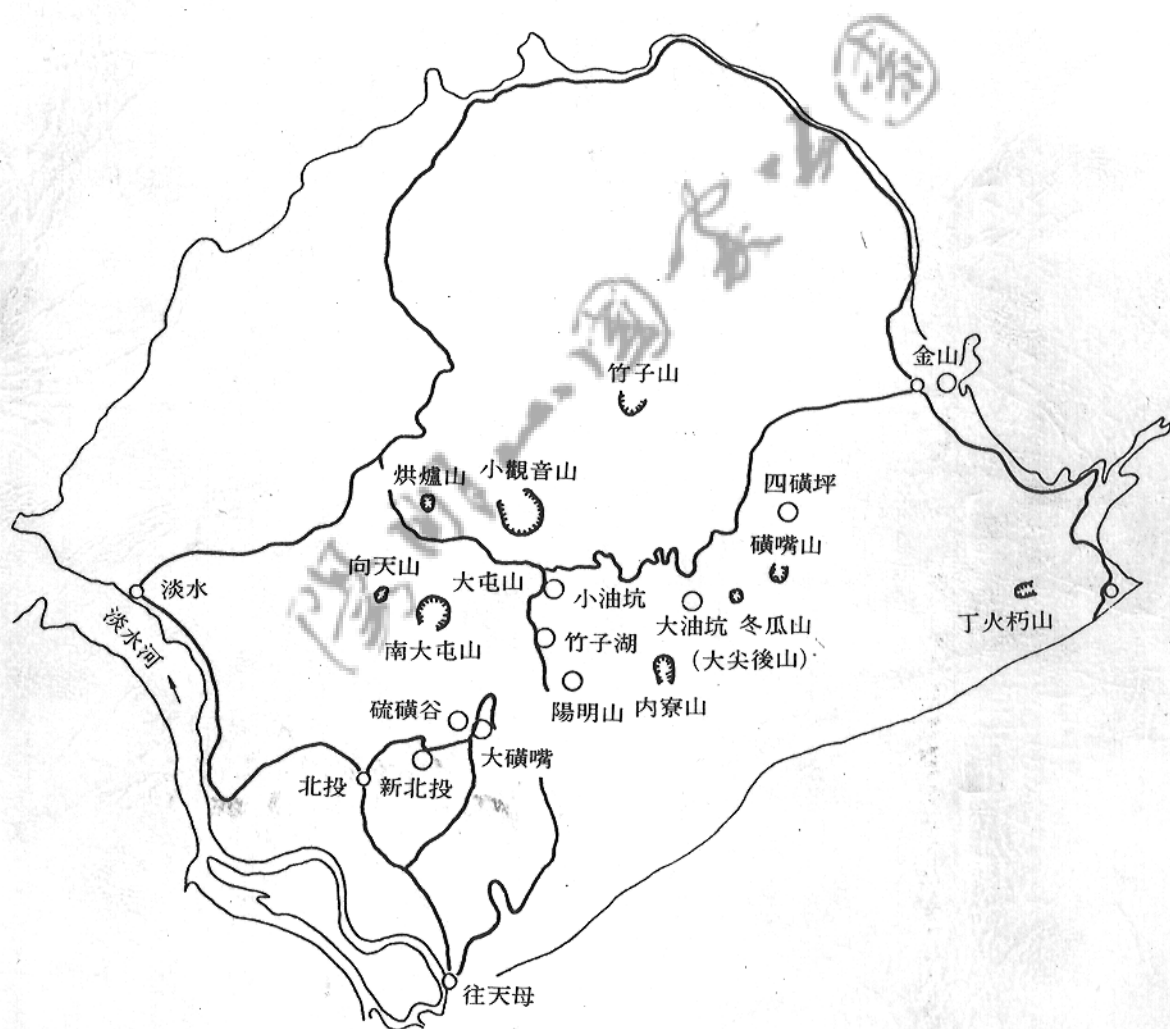


陽明山國家公園區內火山植物 生態之研究



內政部
營建署 陽明山國家公園管理處印製

中華民國七十八年八月

目 錄

中文摘要

英文摘要

圖說明

表說明

壹、前言.....	1
1.世界研究火山的歷史.....	1
2.火山植群之定義.....	2
3.台灣火山研究的歷史回顧.....	3
(1).火山地質之研究.....	3
(2).火山植群之研究.....	4
4.本研究之重點.....	5
貳、研究地區及其歷史沿革.....	6
1.範圍.....	6
2.研究地點簡介.....	8
3.歷史.....	8
參、研究材料與方法.....	8
1.研究材料.....	8
2.研究方法.....	8
(1).環境因子.....	8
(2).植被.....	11
(3).植群與環境因子之相互作用.....	22
肆、結果與討論.....	22
1.植被.....	22

陽明山國家公園管理處



301-R00635

2.環境因子.....	58
(1).土質分析結果.....	58
(2).水質分析.....	78
(3).氣體分析.....	83
(4).四個噴口區之環境因子結論.....	85
3.植被與環境因子之相互作用.....	86
(1).土壤因子與植被之相互作用.....	86
(2).主要植物與土壤因子之相互關係及關連圖.....	93
(3).植物與氣體、水質之相互作用.....	106
伍、結論與建議.....	107
陸、誌謝.....	117
柒、參考文獻.....	118
附錄一、大磺嘴33個樣區之植物種類及相對覆蓋度.....	127
附錄二、四磺坪51個樣區之植物種類及相對覆蓋度.....	133
附錄三、竹子湖41個樣區之植物種類及相對覆蓋度.....	139
附錄四、小油坑67個樣區之植物種類及相對覆蓋度.....	144
附錄五、四個噴氣孔樣區內之植物名錄.....	152

中文摘要

陽明山國家公園具有火山地形及後火山作用之特殊景觀，長久以來多位植物學者就曾對該地植被與火山的關係多所推測，然而卻未見直接的證明。本篇主要探討火山植物之生態，在後火山作用所造成的硫磺噴氣特殊火山環境選擇四個硫磺噴氣孔，進行植物社會及其組成之調查研究，並將之與各環境三項主要因子：氣體、水質及土壤加以綜合分析。結果發現氣體中的硫化物成份為植物分佈之主要限制因子，溫泉水則提供生長在植物社會演替先期低等植物之有利環境。此外並以 PCA（主成份分析）法分析，發現土壤因子最能反應植群演替的序列變化，尤以 pH 值及陽離子最為顯著，然而不同的噴氣孔其植被歷史背景及地形、微氣候均多少有所差異，故各噴氣孔主要影響因子亦略有不同。由於噴氣的影響，各調查區噴氣孔仍保有火山之特殊環境，二種普遍適存在各噴氣孔的優勢種：聚球藻及火山葉蘚，經証明為火山地區的指標植物，而仍受噴氣影響範圍下的其他植群則未反應對環境之指標性，所屬多為生態幅度較大的種類。硫磺噴氣區內屬於次級演替的植物社會隨處可見，但整體而言仍保留火山初級演替之表象，此為台灣其他地區所不易見者，故極具保育及解說價值。

ABSTRACT

Yangmingshan National Park preserves particular volcanic landscape and phenomena of post-volcanism. Till now, many botanists have mentioned the relationship of vegetation and volcanoes at the region, but obviously with no direct evidence. The authors focused mainly on the ecology of volcanic plants which caused by post-volcanism. Four places, with distinct vegetation zones in each area, were chosen for study. The authors studied not only community types and plants of the four area, they considered also factors such as gas, water and soil released or influenced by volcano. In the result, the authors found that the sulfur compound in the gas is main limiting factor to the distribution of plants; hot spring benefits the establishment of lower plants in pioneer vegetation. Using PCA method, it analyses the ordination of soil factors and successional stages. The authors found that soil factors reflect the successional sequence especially when viewing on the factor of pH value and cation ions. But owing to historical interference and topographical or microclimatic difference of the four areas, main influencing cations in each place are more or less modified. Within the four salphatoras, two dominant plants exist only in these regions and not seen outside. *Synechococcus* sp. and *Jungermannia vulcanicola* Steph. are the two species. After the study, they show strong tendency to grow in salphatoras. There are still other plants, which grow

in sulfatoras , showing wide ecological amplitude. They are not indicators of sulfatoras as shown by *Synechococcus* sp. and *Jungermannia vulcanicola*. Although secondary vegetation exists in the regions , but superficially the phenomena of primary succession in the studied sulfatoras is still prominent . The mentioned events can only be seen in Yangmingshan National Park in Taiwan , so that it is valuable to preserve those sulfatoras in the park.

圖說明

- 圖一：陽明山國家公園火山口及噴氣孔分佈圖
- 圖二：大磺嘴植被示意圖
- 圖三：大磺嘴樣區分佈圖
- 圖四：四磺坪植被示意圖
- 圖五：四磺坪樣區分佈圖
- 圖六：竹子湖植被示意圖
- 圖七：竹子湖樣區分佈圖
- 圖八：小油坑植被示意圖
- 圖九：小油坑樣區分佈圖
- 圖十：大磺嘴主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（一）
- 圖十一：大磺嘴主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（二）
- 圖十二：大磺嘴19個樣區之相對差異性指數樹形圖
- 圖十三：大磺嘴植被剖面圖
- 圖十四：四磺坪主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（一）
- 圖十五：四磺坪主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（二）
- 圖十六：四磺坪19個樣區之相對差異性指數樹形圖
- 圖十七：四磺坪植被剖面圖
- 圖十八：竹子湖主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（一）
- 圖十九：竹子湖主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（二）
- 圖二十：竹子湖13個樣區已相異性指數樹形圖
- 圖二十一：竹子湖植被剖面圖
- 圖二十二：小油坑主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（一）
- 圖二十三：小油坑主要優勢植物在各植群區及各層次之分佈圖（二）
- 圖二十四：小油坑15個樣區之相異性指數樹形圖

- 圖二十五：小油坑植被剖面圖
- 圖二十六：磺各樣區之pH、導電度(uS)、硫(S)之變化圖
- 圖二十七：磺各樣區之鉀(K⁺)、鈣(Ca⁺⁺)、鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖
- 圖二十八：磺各樣區總氮量(total nitrogen)、有效磷(available phosphate)、有機質(organic matter)之變化圖
- 圖二十九：四磺坪各樣區之pH、導電度(uS)、硫(S)之變化圖
- 圖三十：四磺坪各樣區之鉀(K⁺)、鈣(Ca⁺⁺)、鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖
- 圖三十一：四磺坪各樣區之總氮量(total nitrogen)、有效磷(available phosphate)、有機質(organic matter)之變化圖
- 圖三十二：竹子湖各樣區之pH、導電度(uS)、硫(S)之變化圖
- 圖三十三：竹子湖各樣區之鉀(K⁺)、鈣(Ca⁺⁺)、鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖
- 圖三十四：竹子湖各樣區總氮量(total nitrogen)、有效磷(available phosphate)、有機質(organic matter)之變化圖
- 圖三十五：小油坑各樣區之pH、導電度(uS)、硫(S)之變化圖
- 圖三十六：小油坑各樣區之pH鉀(K⁺)、鈣(Ca⁺⁺)、鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖
- 圖三十七：小油坑各樣區之總氮量(total nitrogen)、有效磷(available phosphate)、有機質(organic matter)之變化圖
- 圖三十八：大磺嘴九項土壤因子與主要植物之關聯圖
- 圖三十九：四磺坪九項土壤因子與主要植物之關聯圖
- 圖四十：竹子湖八項土壤因子與主要植物之關聯圖
- 圖四十一：小油坑九項土壤因子與主要植物之關聯圖
- 圖四十二：火山葉蘚解剖圖
- 圖四十三：大磺嘴之植被演替序列
- 圖四十四：四磺坪之植被演替序列
- 圖四十五：竹子湖之植被演替序列

圖四十六：小油坑之植被演替序列

圖四十七：陽明山火山噴氣孔植被演替序列

陽明山國家公園

表說明

- 表一：大磺嘴各植群帶植物之生活型及相對比值
- 表二：大磺嘴十九個綜合樣區中植物種之單位覆蓋度
- 表三：大磺嘴十九個綜合樣區相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表
- 表四：四磺坪各植群帶植物之生活型及相對比值
- 表五：四磺坪十九個綜合樣區中植物之單位覆蓋度
- 表六：四磺坪十九個綜合樣區中植物之相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表
- 表七：竹子湖各植群帶植物之生活型及相對比值
- 表八：竹子湖十三個綜合樣區中植物之單位覆蓋度
- 表九：竹子湖十三個綜合樣區中植物之相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表
- 表十：小油坑各植群帶植物之生活型及相對比值
- 表十一：小油坑各十五個綜合樣區中植物之單位覆蓋度
- 表十二：小油坑十五個綜合樣區中植物之相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表
- 表十三：陽明山國家公園噴氣區土質分析結果(一)
- 表十四：陽明山國家公園噴氣區土質分析結果(二)
- 表十五：陽明山國家公園噴氣區溫泉水質分析結果
- 表十六：陽明山國家公園噴氣區溫泉水平均質
- 表十七：陽明山國家公園噴氣區氣體分析結果
- 表十八：四個噴氣孔綜合樣區在軸一及軸二之 PCA(主成份分析)之序列分數
- 表十九：四個噴氣孔綜合樣區之主成份分數與土壤因子之多變回歸分析(一)

表二十：四個噴氣孔綜合樣區之主成份分數與土壤因子之多變回歸分析(二)

表二十一：四個噴氣孔土壤因子與樣區在PCA軸一之複相關回歸方程式

表二十二：四個噴氣孔所取植物社會樣區之PAC 主成份分析) 第一軸與土壤各項因子之複相關係數矩陣表

表二十三：大磺嘴九項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表(using Spearman's Rank Correlatcon)

表二十四：四磺坪九項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表(using Spearman's Rank Correlatcon)

表二十五：竹子湖八項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表(Using Spearman's Rank Correlatcon)

表二十六：小油坑九項土壤因子與主要指物之相關性矩陣表(Using Spearman's Rank Correlation)

壹、前言

1 世界研究火山的歷史：

目前全世界約有五百多座火山，大部份呈休止狀態，百餘年來亦有二十至三十座火山是在活動的，這些火山大部份分佈在太平洋的四周，稱之為太平洋火環。根據板塊構造學說推論，太平洋火環所顯示的位置，正是太平洋板塊與其四周的亞洲板塊、北美板塊、印一澳板塊及靠近南美 Zaaca板塊的交界處；另外火山活動頻繁的中南美洲，正是北美板塊及南美板塊的交界；古來即有火山活動的地中海地區，正是歐洲板塊及非洲板塊的交界；大西洋中以多火山聞名的冰島，正是在北美板塊及歐洲板塊的交界處（內政部，1986）。由於火山的分佈很廣，影響的層面大，普遍受各國學者重視。

關於火山的研究相當豐富，所涉及的主題亦廣，主要包括火山地質學（Volcanic geology）（Vallier, 1980; Roger et al., 1985; Fried et al., 1985; Yen, 1968; Chen, 1971）；火山作用（Volcanism），及針對火山爆發所引起之地震、岩漿流量、火山灰噴發速率及火山氣體的成份等作用與影響（Geophysics program, 1980; Ando et al., 1980, Kelly, 1977; Bradely, 1978; Kennedy, 1980; Ackerman, 1980; Bilderback, 1987; Bryson, 1980; Christiansen, 1980）；此外火山爆發後造成之後火山作用也特別受到重視，主要原因是後火山作用產生所謂噴氣孔（fumaroles）、硫氣孔（sulfatoras）以及溫泉（hot spring）分佈普遍，與人類關係較密切，相關研究很多，如溫泉水質之物化性及其對人體之影響（程楓萍，1987），硫磺氣體對人體之害處（鄭福田，1988）以及對生物生長的影響等（森隆也，1927）。特別在這些火山作用的特殊環境中，植物伴演先驅的角色，同時為了因應惡劣的環境，有所謂火山植群（volcanic vegetation）之適存，甚而演化出特殊的火山植物（volcanic

plant)。關於火山植群的研究尤以多火山的日本爲首，早在 1924 年，竹內亮對溫泉植群的研究，繼此之後有關火山植群的觀察（吉井義次，1939, 1940, 1942；Yoshii, 1932；Kagawa, 1947；Hara, 1983；Kato, 1986）不斷發表，同時針對火山先驅樹種或優勢植物生態生理特性進行深入探討（Tsuji-mura, 1982；Hiroki, 1979）並試圖找出特殊之火山植物或指標性植物（Tezuka 1961, Numata 1972）。另一方面，歐美等國對火山植群的研究亦頗豐富，包括火山地區植群演替特性（Carson et al., 1977；Brotherson et al., 1988；Eggler, 1941；Eggler, 1959）火山灰影響植物的生理機制及族群消長等（Griggs, 1933, 1934；Bild erback, 1987；Lewis Smith, 1984；Hooper et al., 1980；Stark et al., 1985；Cochran, 1983；Cook, 1981；Mack, 1981）。所不同的是歐美學者並未強調火山植群之獨特性及指標性。由於火山地區特有之地熱的作用，岩漿噴發，火山灰作用及噴氣的影響，在這惡劣的環境，是否具有其特殊性及指標性是值得加以深入探討的。

2 火山植羣之定義：

據 Yoshioka (1933) 定義所謂火山植群 (volcanic vegetation) 指火山爆發後經由初級演替的方式，在火山岩屑或岩隙地中生長的植群，最初因受火山噴發造成的影響，環境惡劣，岩石裸露，一般只存在先驅植物如地衣，苔蘚類，而後隨岩石之風化及先驅植物死亡後分解，使土壤逐漸形成，維管束植物乃開始出現，這些植群在不被破壞下，往往會演替爲該地盛行氣候及地形下之極盛相。在此定義下的火山植群僅表示能適應火山爆發後的惡劣環境，並進行演替的植群，一旦達到演替之極盛相，則與該氣候的其它植群無異。然而在火山活動地區，常伴隨著硫磺噴氣孔 (sulfatoras) 或蒸氣孔 (fumaroles) 的產生，所謂硫磺噴氣孔乃指火山之爆裂處，噴發出含硫化物之氣體；而蒸氣孔則只噴出大量水

蒸氣及二氧化硫，不含硫化物等氣體。受到氣體長期噴發的影響，硫化物含量特別高之硫磺噴氣孔，周圍環境普遍有酸化現象、土壤及溫泉水甚至低達 pH 值 1.7，加上此種地區岩石裸露，僅有少數耐性極強之植物能生存，彼所形成之群體常屬特定之植物，故將之稱為硫磺區植群 (sulfatoras vegetation) (Yoshioka, 1933; 1965; Tsujimura, 1979)。同時多位學者發現這類低矮且種類特定之硫磺區植群會隨土壤中 pH 值的變化發生消長演替的現象，故認為這類植群之對土壤酸度敏感 (Yoshioka, 1965; Tsujimura, 1979; Kato, 1986; Hara, 1983)。綜此觀之火山植群 (volcanic vegetation) 為廣義代表能在火山地區生長發育的植物，為了因應火山作用造成之特殊環境，將演替出該環境下之亞極相植群，此類特殊的火山植群，稱為硫磺區植群 (sulfatoras vegetation)，由於這類植群對環境的壓力具相當之耐性，推測應存在對環境具有專一性與指標性的火山植物 (volcanic plant)。本研究即在探討陽明山國家公園區內，火山作用所遺留下來的硫磺噴氣孔是否存在特殊之火山植群，甚至有無火山植物的存在，並推測該地區植群之演替序列以及與環境因子間的相互關係，以充分了解陽明山國家公園內火山植群，作為植物保育，解說及提供進一步研究之參考。

3 台灣火山研究的歷史回顧：

(1). 火山地質之研究：

台灣本島的地質與日本、琉球、菲律賓都有顯著不同，最明顯的是火山少，活動的火山更無。主要原因是台灣屬大陸地殼的島嶼、與日本、琉球、菲律賓等島弧有基本上的不同，其次是歐亞大陸與太平洋的板塊運動已轉移、因此火山的活動因而停止 (內政部, 1986)；台灣火山形成早在上新世與更新世交接期，台灣附近受到板塊運動造成之海底切

入影響，引發蓬萊造山運動，形成大屯山和基隆兩個主要的火山群，此外北部海岸外的火山島如棉花嶼，花瓶嶼、彭佳嶼及龜山島；澎湖群島的玄武岩，桃園大溪鎮草嶺山玄武岩亦屬此間形成之火山岩，而台灣東部之火山則為海岸山脈漂移而來之火山岩，與北部火山的成因不同 (Yen, 1968, 1970)。目前以大屯火山群仍有地熱及噴氣等後火山作用現象，又位就陽明山國家公園區內，極具解說、教育及學術研究價值，陳肇夏等 (1971) 曾將大屯火山區分成八個火山亞群，包括大屯山亞群，竹子山亞群，並且發現大屯山群含大量凝灰角礫岩之存在，推測火山活動一度極為強烈。雖然早在第四紀更新世後期，距今約四十萬年前，北部的火山已停止活動 (蔡惠民, 1987)，根據地熱作用廣泛活動的証據、這些火山可能還沒有完全死滅。此外 Chen et al. (1975) 研究大屯火山群火成岩主要為安山岩並伴隨少量之玄武岩，而安山岩所含之鋁、鈣、銅及銣很高，又因硫磺噴氣分佈普遍，硫磺成份高，自古以來，即為重要之礦區，歷史上最著名的記載是清人都永河所著裨海紀遊，記載當時奉命來台採硫磺時，硫氣孔景觀之盛況，由於陽明山國家公園區內具火山地質景觀之硫氣孔已有六百多年開採的歷史 (徐鎮惡等, 1945)，硫氣孔之原貌已不復可得了。

(2). 火山植群之研究：

依文獻記載，最早在台灣作採集調查者，英人福穹氏 (Rlbert Fortune)，時為 1854 年 (咸豐四年) 他由福州乘渡輪至淡水登陸、僅逗留一日，四年後即 1858 年，英人韋爾福 (G. Wiefford) 為皇家植物園採集員，由廈門抵台，在台北、淡水、基隆一帶沿海採集，更深入北投硫磺山。之後陸續有英法等人士深入大屯山一帶採集，日據時代，更設立植物調查課，大規模進行採集研究 (劉棠瑞, 1968) 佐佐木舜一於 1912 年發表大屯山彙植物目錄，共計有 95 科 265 種植物，為研究大屯火

山植物之始，1924年，更針對北投，草山溫泉地森林植物加以生態之探討，並發現在海拔 1200 公尺以下之熱帶林區，竟出現高山常見植物，同年金平亮三亦指出台灣北部硫氣孔地區之森林出現高山植物如白珠樹，等至1941 年由下澤伊八郎等台灣植物同好會編著"大屯火山彙植物誌"，奠定日後研究大屯火山植群之基礎。光復之後，劉棠瑞(1968)，章樂氏(1968)認為大屯山火山系屬硫磺泉森林區，全區包含300-650m之亞熱帶雨林及暖溫帶天然闊葉林。其特色即是數種高山植物如昆欄樹、十大功勞、台灣檫木等北降生長，因此推測乃受硫磺地區之影響所致。但亦有學者認為高山植物北降生長與冬季盛行之東北季風，溫度等因子有關。關於生態之研究始至1976年劉棠瑞等針對大屯山區天然林植群加以探討，並歸納出該區二種演替路線，一是由火山口湖而來的經生演替，一是由火山裸地開始，可惜對於當地植群的變化與環境因子的關係並未加以深入探討，截至目前為止，所謂之硫磺泉植物尚無法明確定論（內政部，1986），但有學者認為陽明山國家公園內之特有種如：野鴉椿、台灣水韭、台灣矢竹具有可能性，不過這些推測都未加進一步研究。

4 本研究之重點：

陽明山國家公園屬於大屯山火山地區，硫磺泉及噴氣孔隨處可見，早在日據時代即有硫磺區植群之推測（佐佐木舜一，1924）。然而除了發現若干高山植物北降生長外，基本上該區之植被組成與北部其他地區者並無顯著差異，此可見陽明山地區之硫磺區植群有待進一步探討的必要。綜觀前人研究發現，探討火山地區之植群，可藉由植群的消長變化及環境因子的配合，往往可找出對環境極具敏感性或具指標性的植群（Tezulca, 1961）。根據現場勘察，在陽明山國家公園，只有在硫氣孔活動地區尚保存該地區植群各個演替階段，因此擬針對這些硫氣孔附近之植物社會，配合氣體，土壤，水質等環境因子之分析，試圖找出在陽明

山國家公園火山地區的火山植物或火山特殊植群。

貳、研究地區及其歷史沿革

1 範圍：

本計劃調查陽明山國家公園區內火山植物之生態，範圍包括保留火山活動之特殊環境景觀之硫磺噴氣孔。在陽明山國家公園區內具有代表性之噴氣孔主要有十三個（圖一）（陳肇夏，1987）。然而爲了兼顧不同海拔高度之植群演替及植群各演替階段完整性之要求，只有四個噴氣孔符合要求，依海拔由低而高各爲大磺嘴、四磺坪、竹子湖及小油坑。

2 研究地點簡介(程楓萍,1987)：

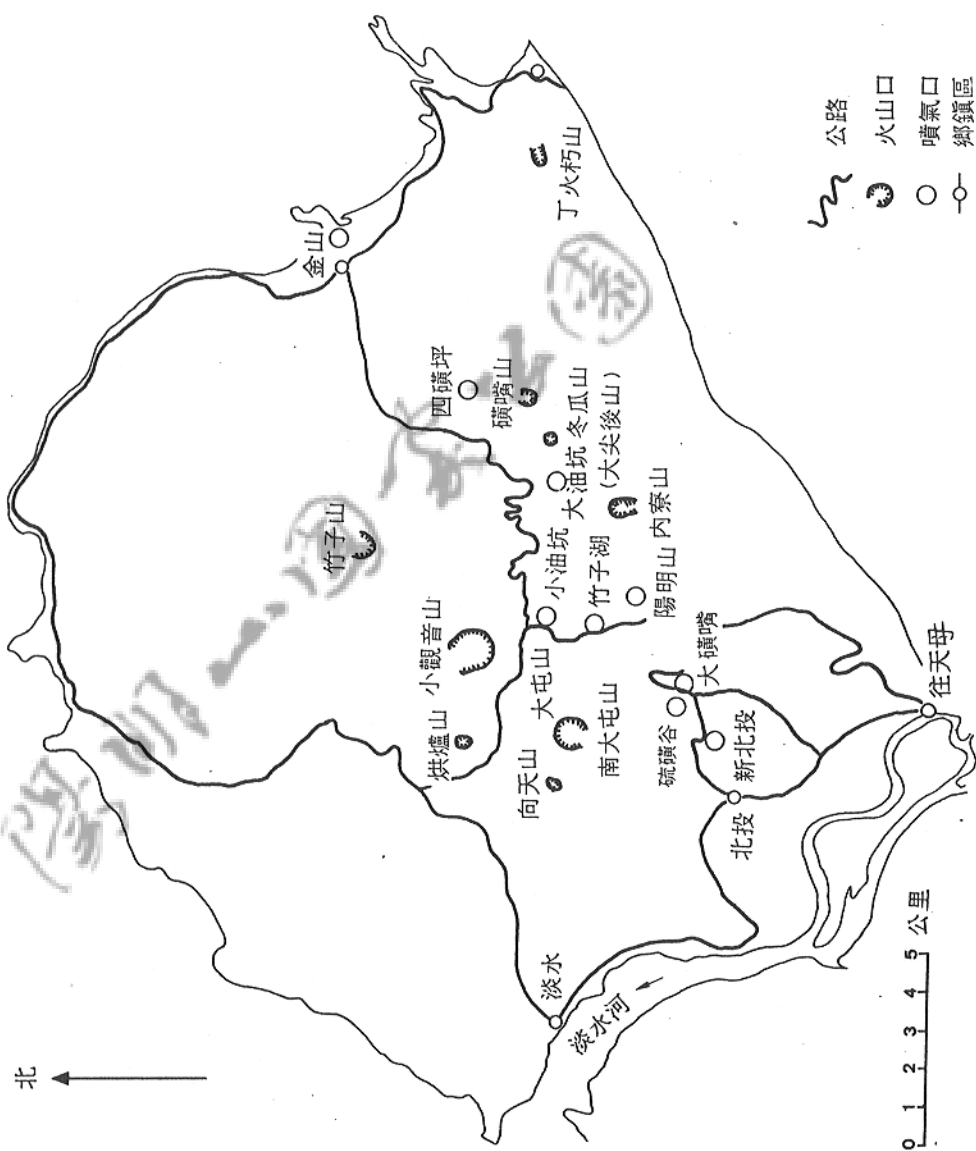
(1).大磺嘴位於紗帽山西南方，海拔200~250公尺、該處據考証係爲清時郁永河奉命來台採硫磺（徐鎮惡等,1945）屬爆裂口地形，呈東西向延伸，長約700公尺，地質爲安山岩或凝灰石角礫岩，爲台灣硫磺山中歷史最悠久者。噴氣口多已堵塞，主要一個噴氣口噴氣不盛；南可由天母經行義路抵達，北可由陽投公路到崙敘高中下車。

(2).四磺坪位於磺嘴山北側，海拔300~350公尺，屬爆裂口溫泉地形，爆裂口朝西北向，地質爲橄欖石兩輝安山岩構成，目前仍由德記公司經營採礦；可由陽金公路轉亞洲台北山城社區口進入，噴氣景觀仍盛，溫泉水豐沛。

(3).竹子湖位於七星山南側，海拔600公尺，爆裂口朝西南，地質爲凝灰石角礫岩、日據時代曾在此大量造林，目前所見乃林務局後來重新種植之黑松，噴氣孔幾已堵塞，位於陽金公路旁。

(4).小油坑位於七星山西北側之爆裂口，海拔800公尺，東北側崖壁呈馬蹄型，向西北坡開口，質爲安山岩或矽化成火山渣，噴氣旺盛，爲陽明山著名之觀光區。位於陽金公路旁沿步道10分鐘可抵達。

陽明山國家公園火山口及噴氣孔分佈圖



圖一：陽明山國家公園火山口及噴氣孔分佈圖

3 歷史：

早在清朝同治年間及光緒初年，台灣烏龍茶之名聲遠播，北投附近農民大肆闢地栽植，並放火燒山。至1977年左右，大屯山區幾乎化為茶園、之後因茶業不振，代之以果樹及牛群放牧，自然林相破壞殆盡。日據時代曾大力進行陽明山區之造林工作，主要有黑松、琉球松、台灣二葉松、相思樹、櫻花等。光復後大屯山地區再度遭盜伐、濫砍之命運，任意的火燒及放牧使大屯山區植被嚴重傷害（黃增泉，1986）。自從大屯火山區規劃為陽明山國家公園後，目前植被可分為：人工林、天然闊葉林、草原帶及農作區，而所謂天然闊葉林指經由自然更新，至不同階段之次生林，由此可知，在人為因子多重干擾下，依目前植群實難推原來之景象，唯存在國家公園區內大小不一之噴氣孔，可供較具代表火山植群意義之生態研究。

參、研究材料與方法

1 研究材料：

本計劃著重於具有火山活動之特殊環境下之植群及其演替，配合各種可能之環境因子，試圖找出火山植群及其生態環境，因此選擇具代表性之噴氣孔，調查其範圍之內的植群包括藻類，地衣、苔蘚及維管束植物，而環境因子則選擇土壤、水質、氣體成份等對該區植物可能具影響力之因子。

2 研究方法：

(1).環境因子：

a.土質分析：

I、採集法：用田間土壤採土器，採30公分以上之表土層、每一綜合樣區約採二十點混合以塑膠袋密封，隔日立即處理。

II、處理法：將土壤充份拌均，並剔除石塊及枯枝落葉等非土壤物質，除 pH 值及導電度取土測外、須將土壤充份風乾後進行土壤元素分析。

III、分析項目及方法：土壤分析項目包括pH值、導電度(electronic conductivity)、鉀(K^+)、鈣(Ca^{2+})、鎂(Mg^{2+})離子、全氮量(total nitrogen)、有機質(organic matter)、有效磷(available phosphate)、硫(sulfur)。採用鄭正勇(1984)果樹營養分析法，以下為各分析項目及使用儀器：

pH值：pH meter。

導電度：conductivity meter (MS)。

鉀(K)：由原子吸收光譜(atomic absorption (AA-670))，波長設定766.5nm測度之。

鈣(Ca)：由原子吸收光譜，波長設定422.9nm測定。

鎂(Mg)：由原子吸收光譜，波長設定285.2nm測定全氮(total nitrogen),採用 Kjeldahl method (multi-Dosima E 415)法。

有效磷：採用鉬藍法(Molybdenum method of Fiske and Subbarow)，波長660nm (Double-Beam, Spectrophotometer uv-210)測定。

有機質：採用Walkley-Black method 測定。

硫：採用SC-132 硫分析儀。

b.水質分析：

I、採集法：於噴氣孔溫泉，水取二點水溫不同之溫泉水，每月測定水質之變化。

II、處理法：野外取回之溫泉水立即分析，或保存在 4℃之冰箱

，於隔日測定。

Ⅲ、分析項目及使用方法：水質分析項目包括 pH 值、導電度 (electronic conductivity) 濁度 (turbidity)、總氯 (total chloride)、鉀 (K^+)、錳 (Mn^{4+})、鋁 (Al^{3+})、總鐵 (Total ion)、鈣 (Ca^{2+})、總硬度、硫酸鹽、磷酸鹽、二氧化碳 (CO_2)

使用儀器及方法：

pH值：pH meter

水質分析儀 (用HACH company)

導電度：範圍0-20000 mhos/cm。

濁度 (turbidity)：波長450nm，範圍0-500FTU。

總氯 (total chloride)：波長530nm，範圍0-1.7mg/l。

鉀 (K^+)：波長450nm，範圍0-6mg/l。

錳 (Mn^{4+})：波長525nm，範圍0-10mg/l。

鋁 (Al)：波長522nm，範圍0-10mg/l。

總鐵 (total ion)：波長510nm，範圍0-2mg/l。

鈣 (Ca)：滴定法 (digital titration)，範圍0-1000 mg/l。

總硬度：滴定法 (digital titration)。

硫酸鹽：波長450nm，範圍0-100mg/l。

磷酸鹽：波長700nm，範圍0-2mg/l。

二氧化碳 (CO_2)：滴定法 (digital titration)，範圍0-100mg/l。

c. 氣氣體分析：

I、採樣法：於每一植群帶，由裸地區到森林區測氣體之含量變化。

II、分析項目及方法：氣體分析項目包括水蒸氣 (H_2O)，二氧化碳 (CO_2)，硫化氫 (H_2S)，二氧化硫 (SO_2)。分析方法採用手提式氣體分析儀 CD. GERWERK AG LU"BECK. made in Germany)，現場測定，使用四種氣體分析管分別為：

H_2S ：範圍 1-200ppm

SO_2 ：範圍：0.1-3ppm

H_2O ：範圍：0.1-40,mg/l

CO_2 ：範圍：0.01-0.3%

(2).植被：

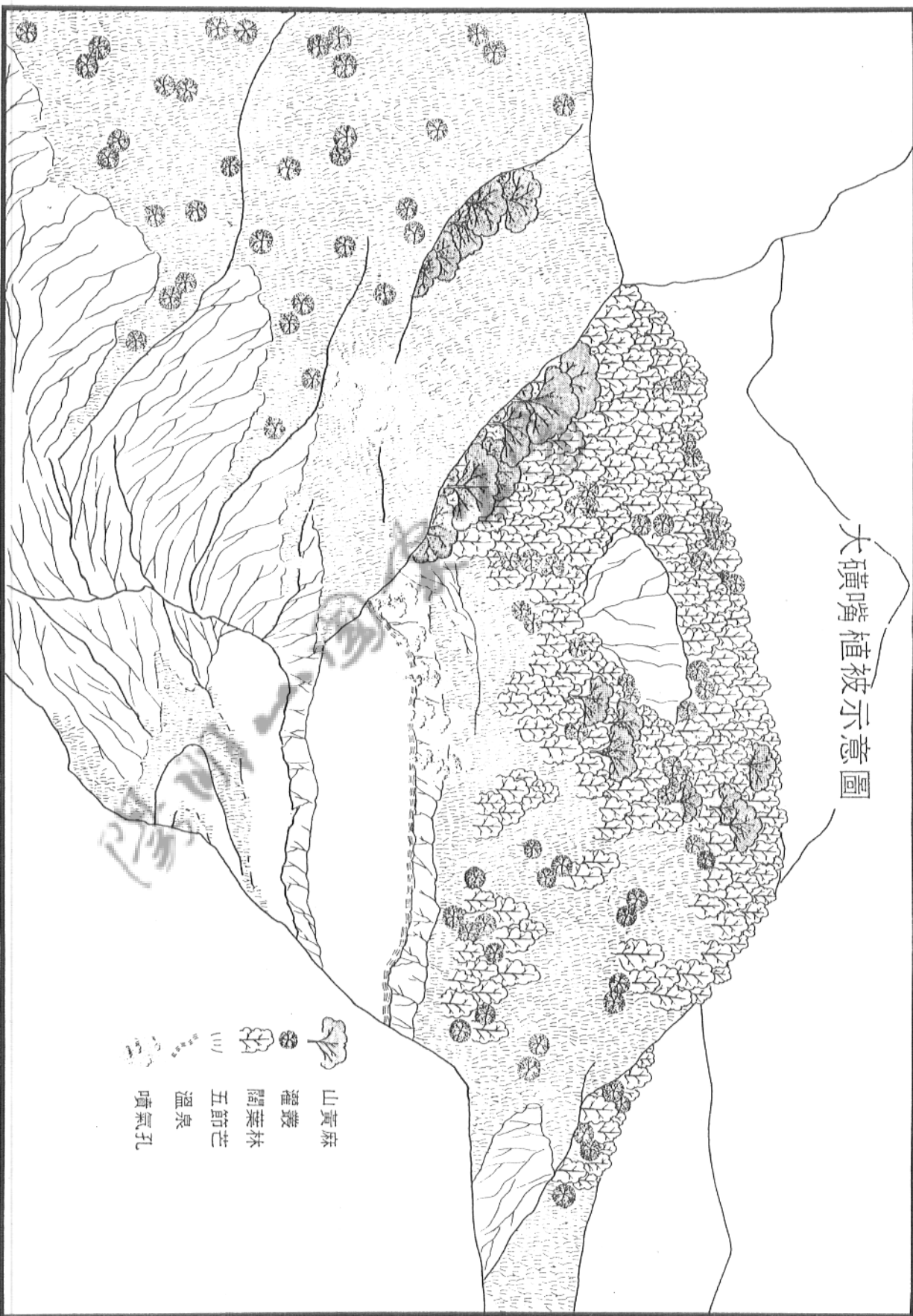
a.取樣：

依各植群型優勢種之覆蓋面積為樣區大小設置之參考 (Mueller Domboiset al, 1974)，樣區數目依植群型之面積大小及種類歧異程度選取足量樣區。

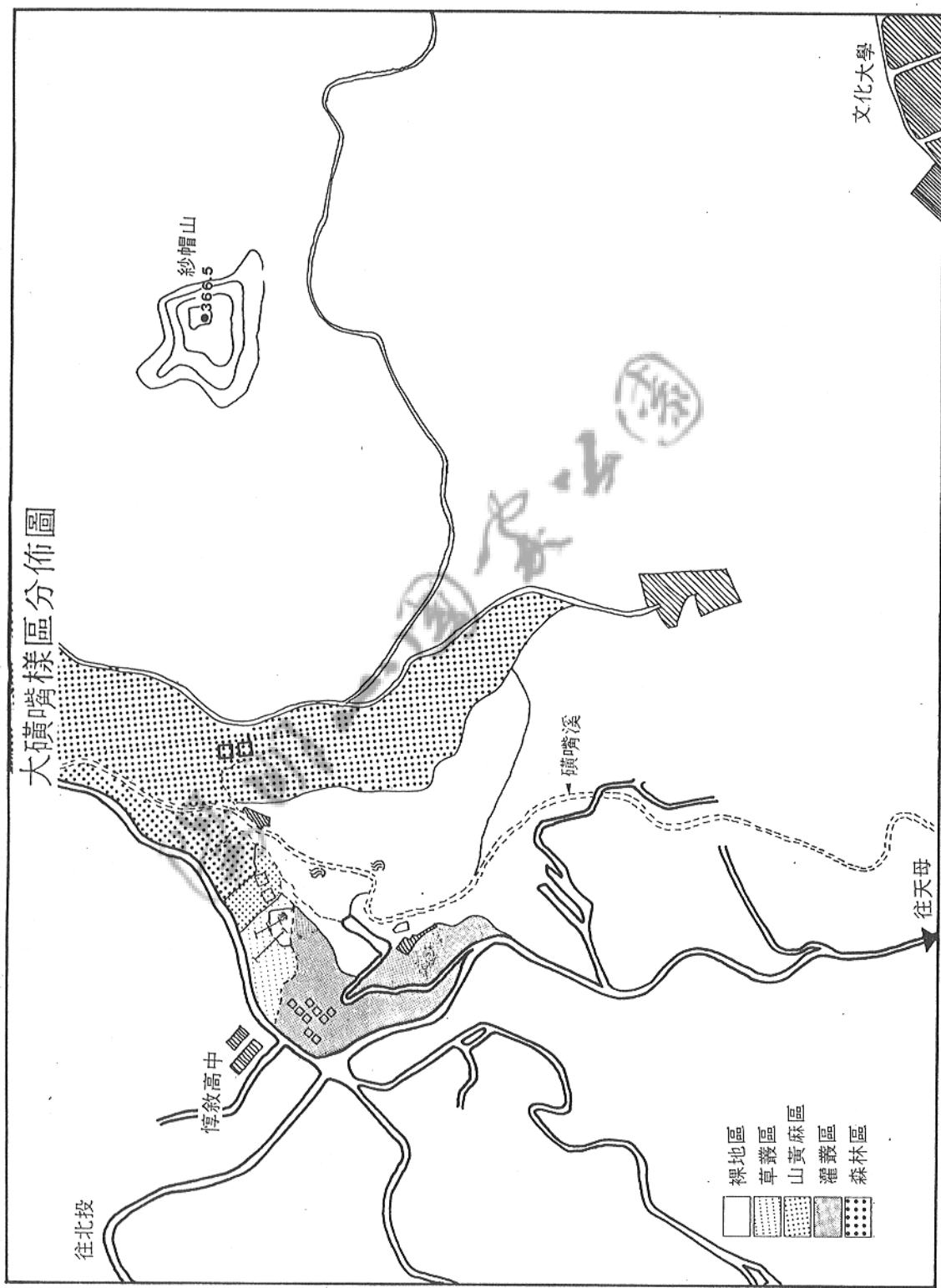
I、大礮嘴有五個植群帶，分別為裸地區、草叢區、灌叢區、山黃麻林區及闊葉林區（圖二）。裸地區以火山葉蘚為優勢，取 1 米平方的方形樣區 10 個；草叢區以台灣芒為優勢，取 1 米平方的方形樣區 20 個；灌叢區以南燭為優勢，取 2×2 米平方的方形樣區 9 個；山黃麻林區以山黃麻為優勢，取 5×10 米平方之長方形樣區，共 33 個樣區，圖三為大礮嘴樣區分佈圖。同時將裸地及草叢區每五個小樣區合併為一綜合樣區並與其他 13 個樣區分別取土做土壤各項因子分析以及植群分析。

II、四礮坪有五個植群帶，分別為裸地區、低草區、高草區、灌叢區及森林區（圖四）。裸地區以聚球藻、火山葉蘚為優勢，取 1 米平方之方形樣區 15 個；低草區以台灣芒為優勢，

大磺嘴植被示意圖



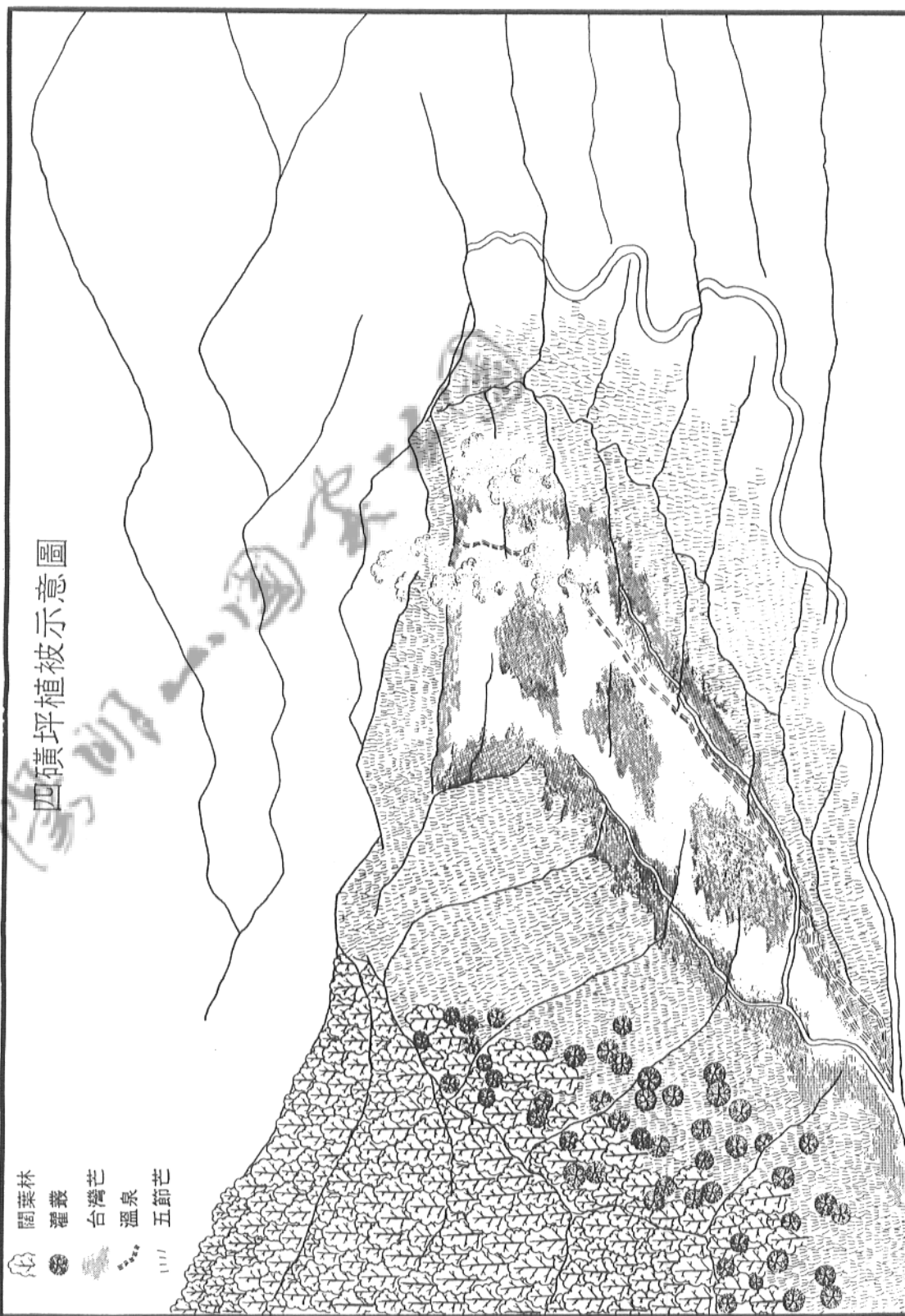
- 山黃麻
- 灌叢
- 闊葉林
- 五節芒
- 溫泉
- 噴氣孔



圖三：大磺嘴樣區分佈圖

四礮坪植被示意圖

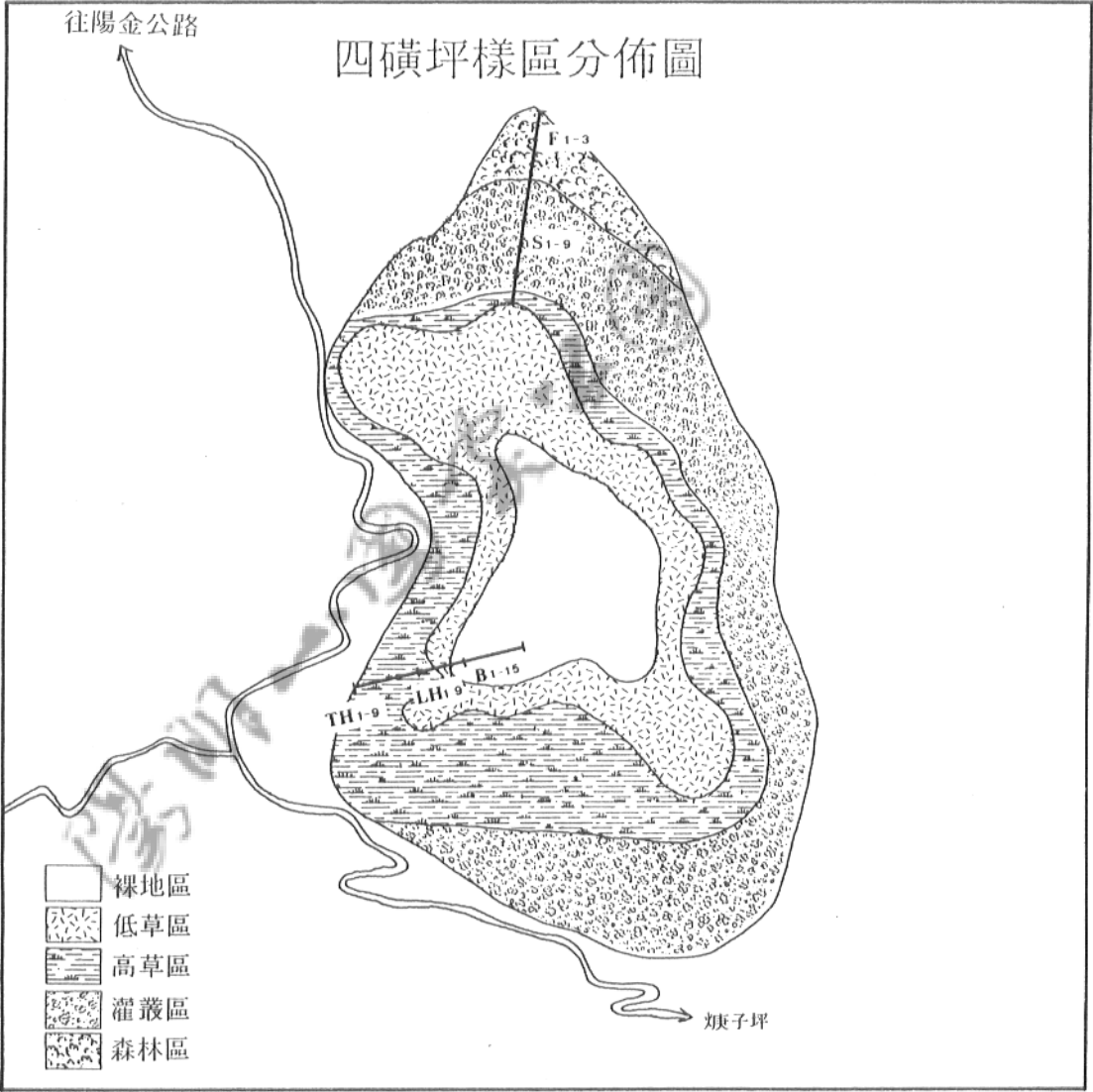
- 闊葉林
- 灌叢
- 台灣芒
- 溫泉
- 五節芒



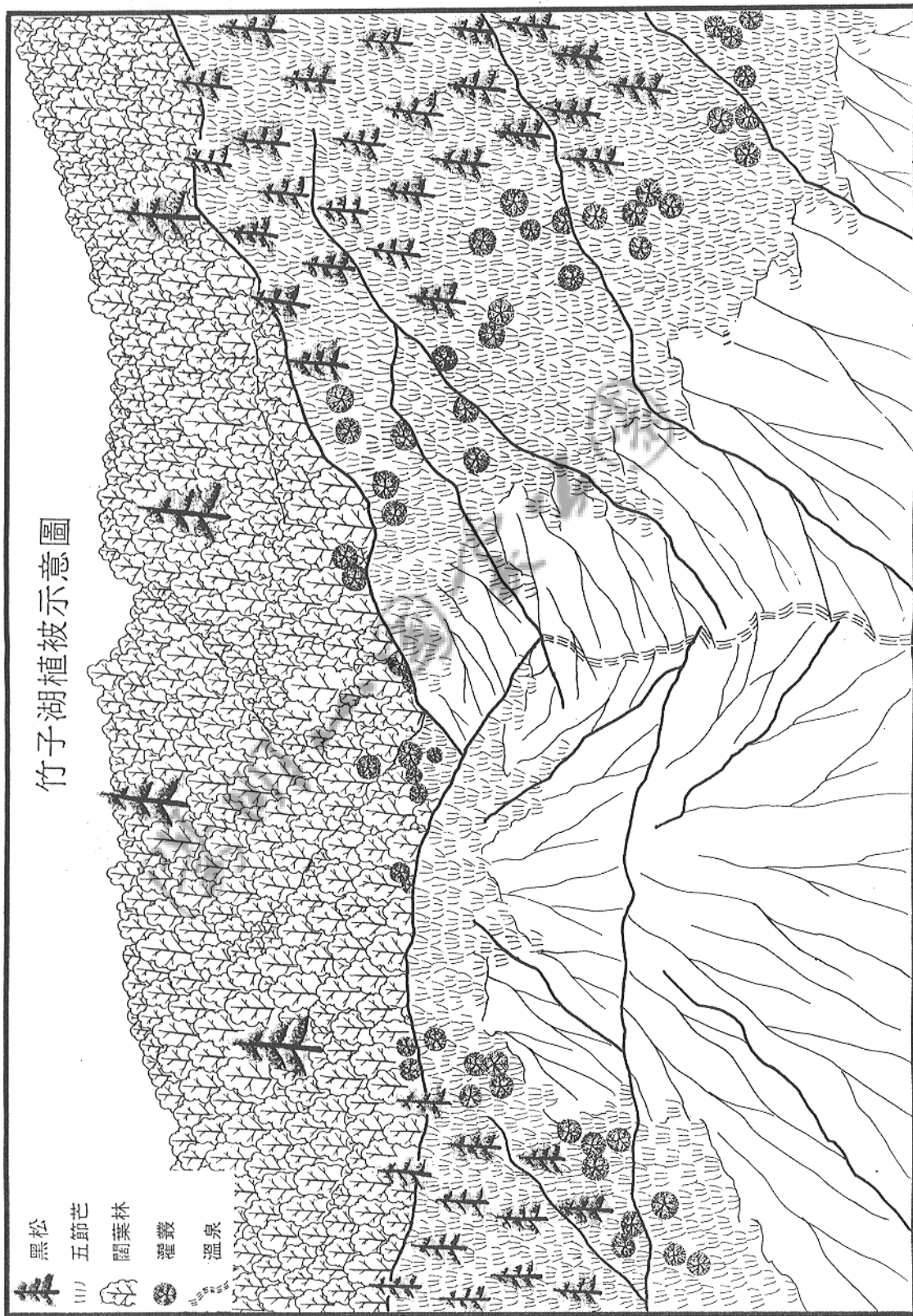
取 1 米平方之方形樣區 9 個；高草區以五節芒爲優勢，取 1 米平方之方形樣區 15 個，灌叢區以奧氏虎皮楠爲優勢，取 5×5 米平方之方形樣區 9 個，森林區以紅楠、山紅柿爲優勢，取 5×10 米平方之長方形樣區 3 個，共 51 個樣區（圖五）。同時將裸地、低草、高草、及灌木區每 3 個樣區分併爲一綜合樣區，與森林區 3 樣區分別做土壤因子分析，共 19 個綜合樣區並進行植群分析。

Ⅲ、竹子湖有五個植群型，分別爲裸地區、草叢區、灌叢區、森林區（包括人造林及闊葉林區）（圖六）。裸地區以羽級矽藻爲優勢、取 1 米平方之方形樣區 15 個；低草區以台灣芒爲優勢、取 1 米平方之方形樣區 20 個；灌叢區以南燭爲優勢、取 3×3 米平方之方形樣區 3 個；森林區以紅楠爲優勢、取 1 個 3×15 米平方之長方形樣區（受人爲干擾殘存之天然林面積），及 2 個 5×10 米平方之長方形樣區（圖七）。共計 41 個樣區，圖七爲竹子湖樣區分佈圖，同時將裸地及草叢區每五個小樣區合併爲一綜合樣區並與其他 9 個樣區分別取土做土壤各項因子分析，共 13 個綜合樣區並進行植群分析。

Ⅳ、小油坑有四個植群帶，分別爲裸地區、低草區、高草區包括五節芒及台灣矢竹及灌叢區（圖八）。裸地區以火山葉蘚爲優勢，取 1 米平方之方形樣區 12 個；低草區以台灣芒爲優勢；取 1 米平方之方形樣區 15 個；高草區以五節芒及台灣矢竹爲優勢取 1 米平方之方形樣區 40 個；灌叢區以紅楠爲優勢，取 5×5 米平方之方形樣區 6 個，共計 73 個樣區（圖九）。將裸地及低草區每 3 個樣區合併一個綜合樣區，高草

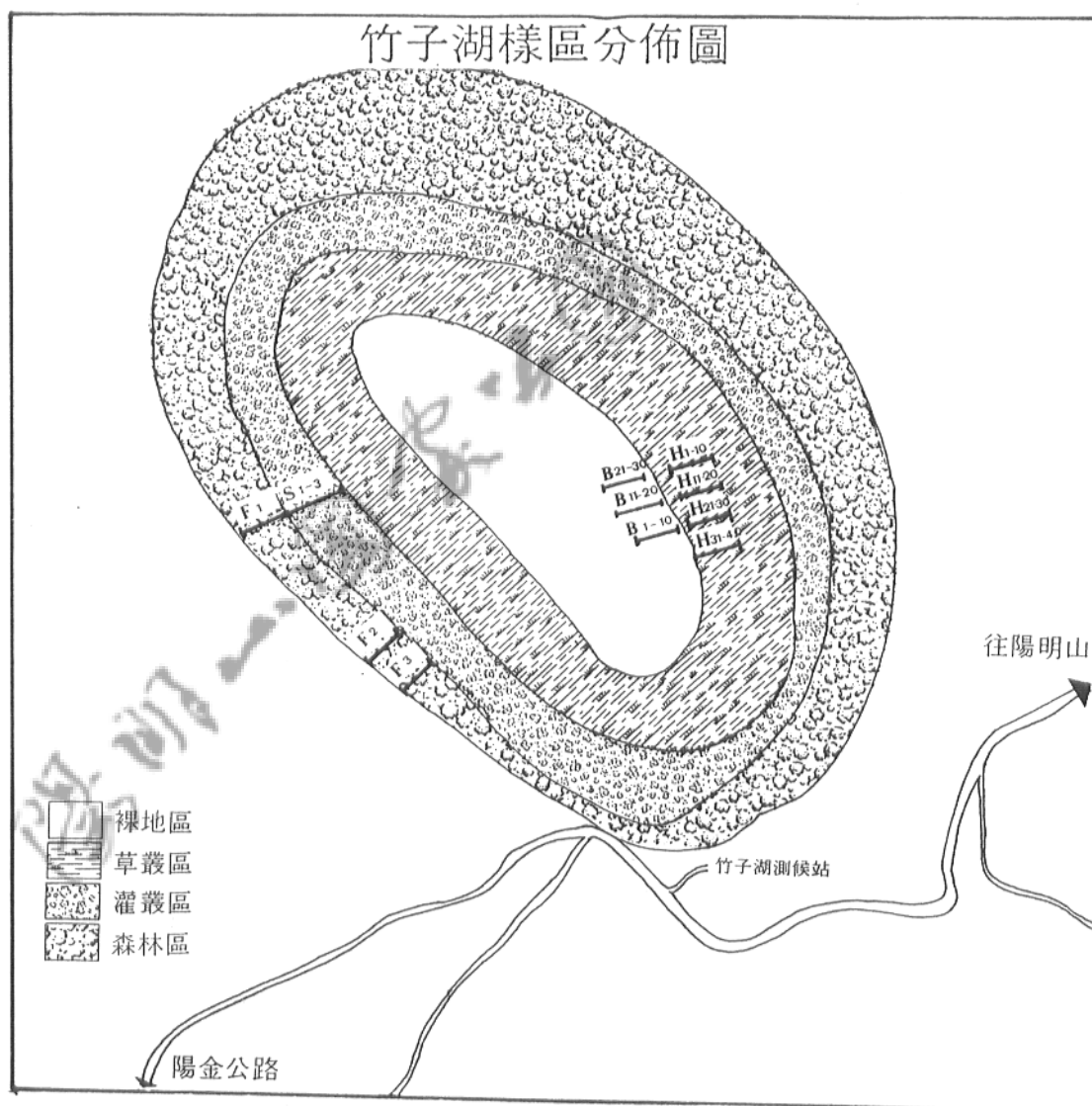


圖五：四礮坪樣區分佈圖

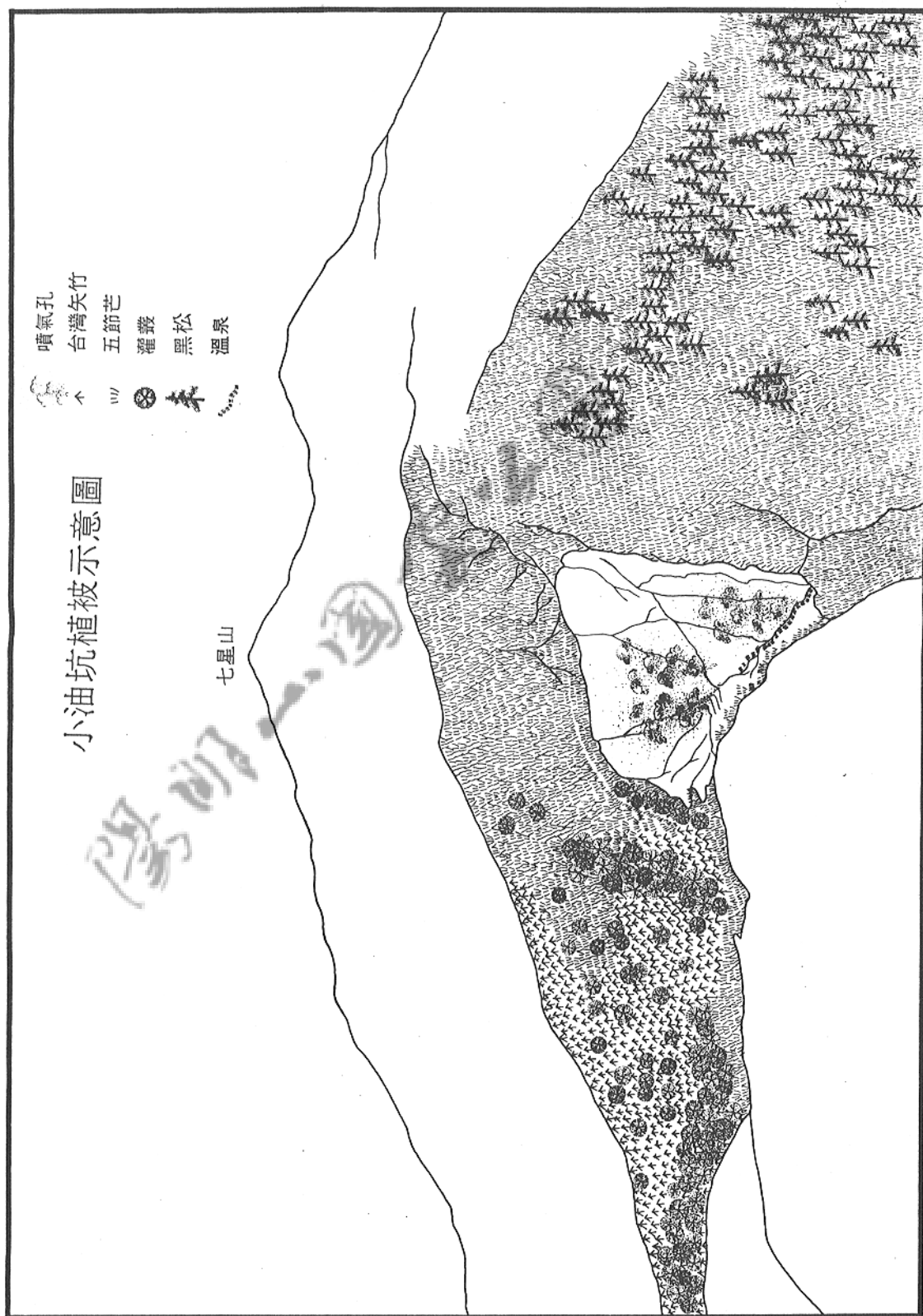


竹子湖植被示意圖

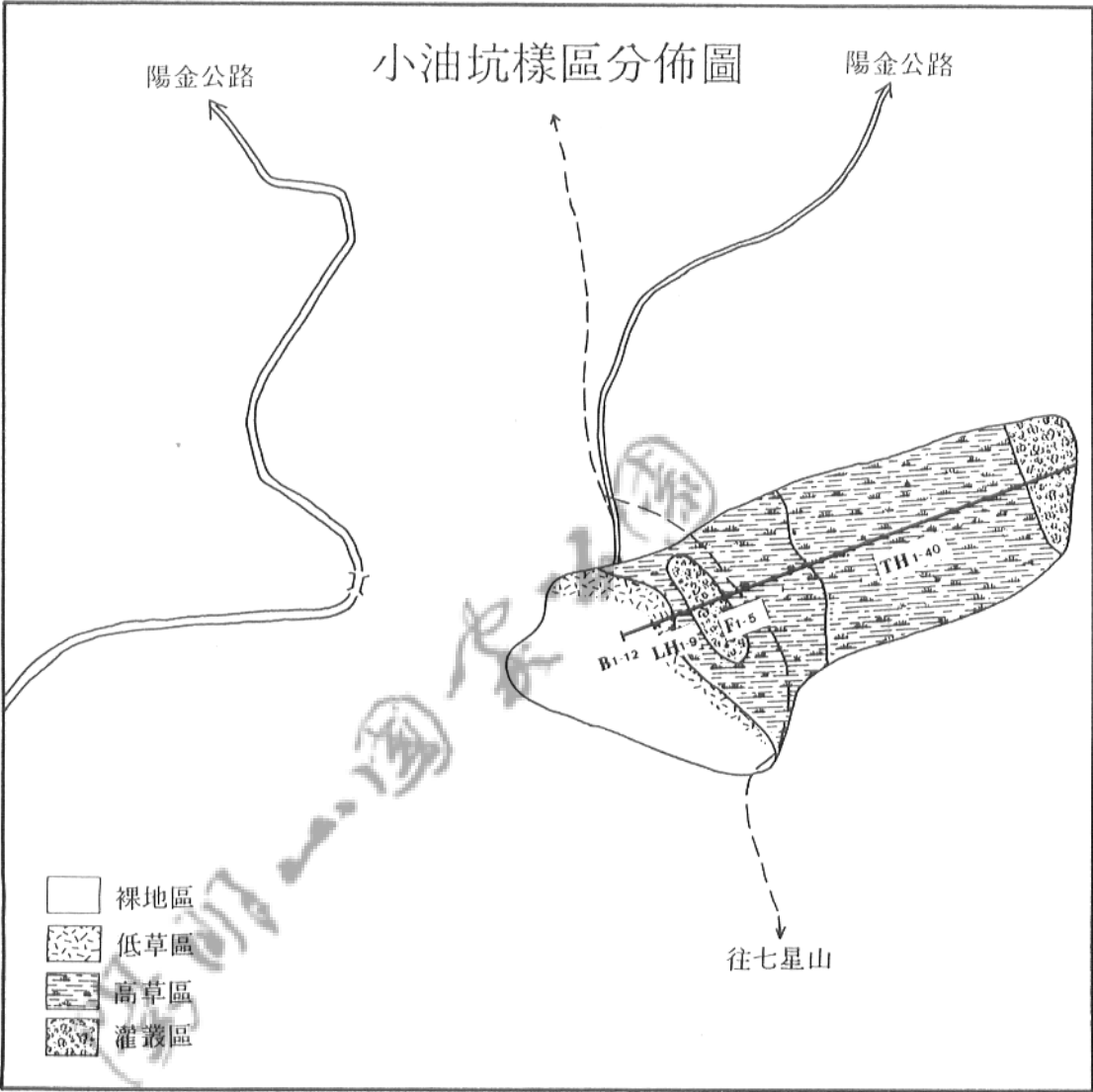
圖六：竹子湖植被示意圖



圖七：竹子湖樣區分佈圖



圖八：小油坑植被示意圖



圖九：小油坑樣區分佈圖

區每 10 個樣區合併為 1 個綜合樣區，第一個山溝之三個灌叢區合併為一綜合樣區，並與其他三個樣區分別取土分析土壤之各項因子，共 15 個綜合樣區進行植群及環境因子分析。

b. 植被評估方法：

調查樣區內藻類，地衣，苔蘚以及維管束植物之種類及其覆蓋面積，並將樣區內所有出現種類之覆蓋面積實際繪製下來，以便在實驗室內估算每種所占之實際面積，並將之單位化後，進行電腦分析。因土壤中某些藻類無法以目測評估計算，乃取 0.5g 土在實驗室中培養，記錄其種類，而覆蓋值予以“+”示之，其他單位覆蓋度經運算小於 0.01 者，亦以“+”示之。

c. 標本處理：

凡出現在樣區內之植物，進行採樣製作臘葉標本，並予以鑑定，記錄。

d. 植群分析法：

將各樣區植物覆蓋面積單位化後，並依上方法合併為綜合樣區，而合併的樣區植物之單位覆蓋度以平均值示之。凡經合併後面積小於 0.01 者以及藻類非肉眼可測者、不進行分析。分析法採用 Ludwig et al. (1988) 之群團分析 (cluster analysis)。並選用相對差異性指數 (Relative Euclidean Distance) 之運算式：

$$RED_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{X_{ij}}{\sum_i X_{ij}} \right) - \left(\frac{X_{ik}}{\sum_i X_{ik}} \right) \right]^2}$$

i, k 表相異二樣區

x 表植物單位覆蓋度

s 表總樣區數

以及依各噴氣區植群的特性，選擇適當之權重法進行群團分析。電腦分析程式乃採用 Ludwig et al (1988) 統計生態學教學磁片中 cluster.BAS 程式。此外針對各植群區之植物生活型 (劉, 蘇, 1986)，加以綜合比較，以了解植群消長變化與生活型是否一致。

(3). 植群與環境因子之相互作用：

a. 植物與土壤因子間之相關分析：

將各綜合樣區之各樹種及其土壤各項因子進行相關分析，採用 Spearman's Rank Correlation 統計法，用 Ludwig (1988) 統計生態學教學磁片之 Spcovar.BAS 程式，分析植物與植物間或土壤因子間及植物與土壤因子之相互關係。

b. 植群與環境因子之相關分析：

Ludwig (1988) 統計生態學教學磁片之 PCA, BAS 程式，利用主成份分析法 (Principle Components Analysis) 分析植群的序列變化及序列分數，並取各樣區在軸一及軸二的序列分數與土壤各項因子，進行複相關回歸分析 (Multiple Linear Regress)，採用 PCREG.BAS 程式，以求得樣區中植群與各項土壤因子變化之相關程度。以定出決定植群變化之環境因子。

肆、結果與討論

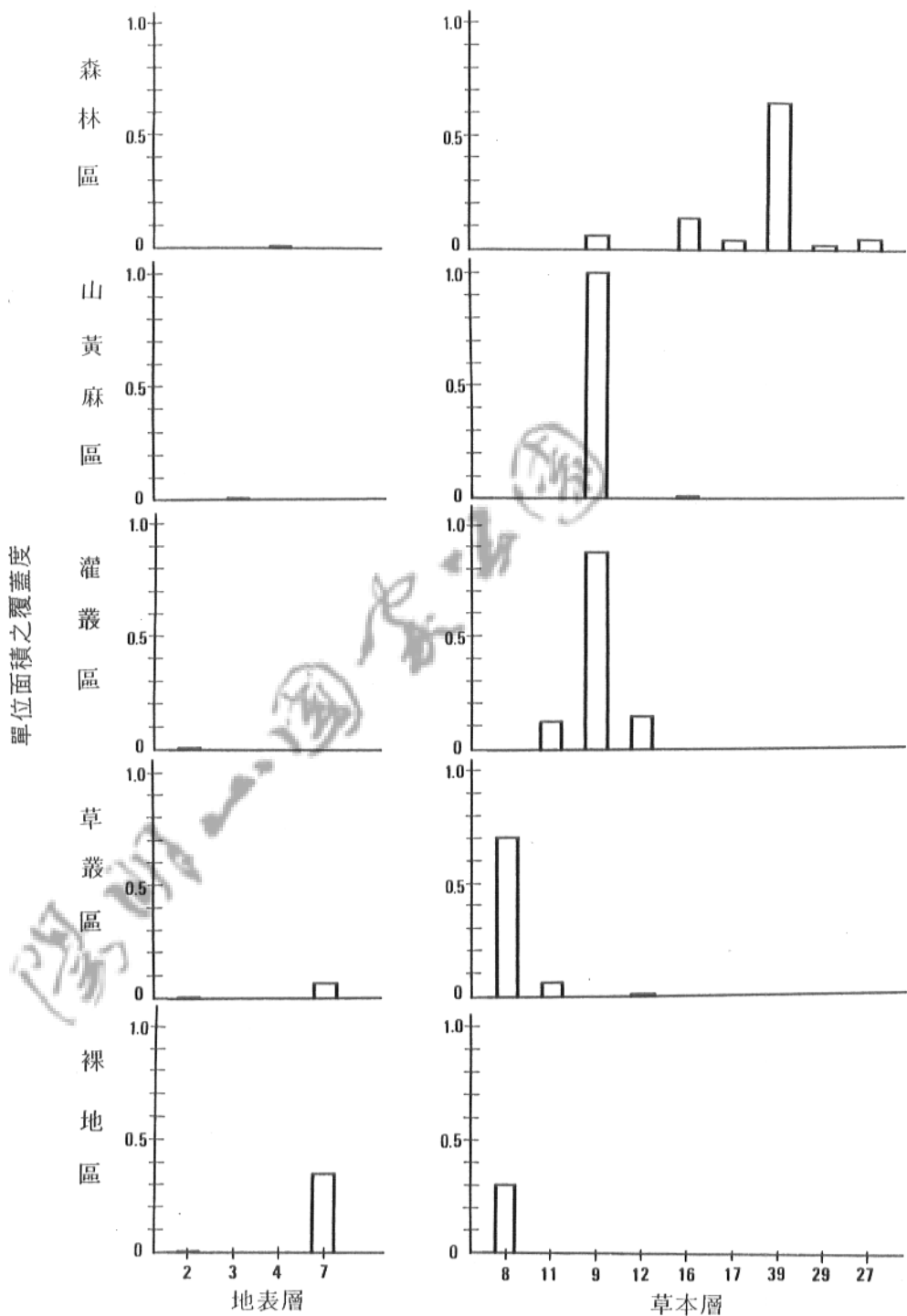
1 植被：

(1). 植群結構及植群消長：

a. 大磺嘴：

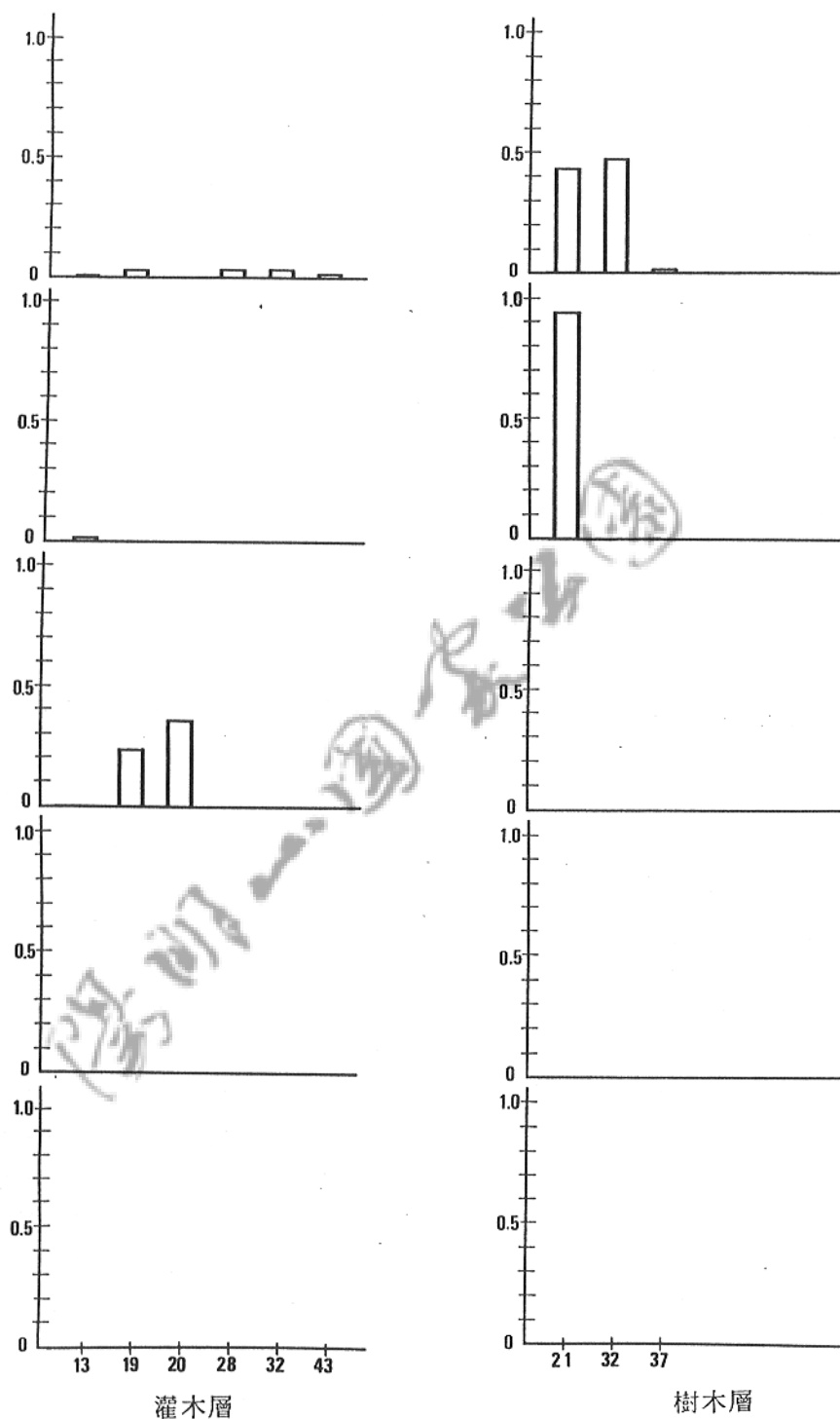
共設33個樣區，植物計有48種（附錄一）。為顯示該地植群之結構與消長變化，將該區五種植群帶分層以柱狀圖列出各植群區各層次之優勢植物（圖十，十一）。裸地區的地表層植物以藻類，地衣，苔蘚為主。其中以火山葉蘚為最優勢，其優勢度隨台灣若覆蓋度增加而驟減，所以應屬開放的裸地之主要植群。屬於草本層的植物隨演替而有不同植群變化，台灣芒在草叢區最為優勢，而五節芒則布滿在灌叢區，山黃麻林區為其過渡帶，隨上層鬱閉度增加，及至森林區則逐漸為竹葉草，熱帶鱗蓋蕨等取代。屬於灌木層的植物，始出現在草叢區，至灌叢區達成優勢，受地形所致，該區坡陡且全天均受光照，土壤乾燥，以南燭為優勢，此種原分佈在台灣二、三千公尺海拔的高山植物，自日據時代以來，學者視為硫磺泉植物北降之代表種之一（佐佐木舜一, 1924; 劉棠瑞, 1968），本研究發現其分佈受地形，光照、土質的限制，到了森林區則立即為其他種灌木：水冬瓜，燈稱花取代，依其生態幅地狹小判斷，應屬該環境及地形下的適應植群。由於山黃麻區缺乏灌木層而草本層亦以五節芒為優勢，故推測山黃麻林與南燭灌叢依地形方位或光照，土壤等差異產生演替階段相似而形相迥異的植群，不過因山黃麻林較先建立上層的鬱閉度，使耐陰性植物能逐漸侵入，加速植群演替的時間。大磺嘴的森林區樹木層優勢樹種為山黃麻及山豬肉，全於其林下發現山紅柿小喬木，可見該森林區仍屬於森林的演替初期，並正逐漸由先驅樹種為優勢的林相向較成熟的林相演進。

並於海拔 250公尺的大磺嘴雖屬亞熱帶雨林區，但受噴氣孔特殊環境及歷史背景影響，植物種類歧異度偏低，但是在樣區所出現



圖十：大磺嘴主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖（一）

- | | | |
|----------|---------|-----------|
| 2. 卵囊藻屬 | 8. 台灣芒 | 13. 野牡丹 |
| 3. 裂絲藻屬 | 9. 五節芒 | 16. 熱帶鱗蓋蕨 |
| 4. 羽紋矽藻屬 | 11. 栗炭 | 17. 颱風草 |
| 7. 葉蘚屬 | 12. 桔梗蘭 | 19. 燈稱花 |



圖十一：大磺嘴主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖(二)

20. 南燭

29. 艾納香

43. 杜虹花

21. 山黃麻

32. 山豬肉

27. 粗毛鱗蓋蕨

37. 血桐

28. 水冬瓜

39. 竹葉草

表一：大磺嘴各植群帶之生活型及相對比值

植群帶 生活型	裸地區 B	草叢 H	灌叢區 S	小黃 麻林區 F	森林區 AF
H	0.48	0.9	0.67	0.57	0.46
G	0.02	0.01	0.01		0.01
Ch	0.49	0.07			
N			0.32		0.05
M				0.43	0.47
V					0.01

M：小喬木
N：灌木植物
Ch：地表植物
H：半地中植物
G：土中植物
V：藤本植物

之48種植物，將生活型（life form）做一整理後，發現除了種類的消長變化外，生活型也發生一致變化（表一）。裸地區以地表植物（Ch）為最優勢，草叢區以半地中植物（H）為優勢，而此時地表植物（Ch）降至 7%，由於此二區樣區相連，環境因子差異不大，但因半地中植物由48%增加至 93%，推測光照是主要影響地表植物消長的因子。半地中植物在灌叢區及山黃麻林區其優勢度下降到一半左右，由灌木或先驅喬木（M）登場，占到 50%左右，到了森林區，半地中植物已降至50%以下，喬木取得優勢，而灌木僅占 5%，顯

示該森林結構未臻成熟。爲了顯現各植群的分歧性及關係性，將大磺嘴19個綜合樣區（表二）做相對指數評估（表三）進行群團分析（cluster analysis），由分析結果（圖十二）可知裸地區（樣區代號 1, 2 者）與草叢區（樣區代號 3-7 者）之相似性較高，而灌叢區（樣區代號 8-15者）與森林區（樣區代號 16-19者）則較相似，並由其相對差異性之層級變化，証明該區植群變化的序列應由裸地而草叢，灌叢以至森林，並發現山黃麻林區（樣區代號 16-17者）與森林區之相似度高，推測若演替由草叢區直接到山黃麻林，則可不經由灌叢的階段而達到森林區的形相。根據這個結果，以及各個植群帶之優勢種，依演替先後順序繪出大磺嘴噴氣孔植被剖面圖（圖十三），不僅呈現該地區植群消長變化，同時有助了解各植群帶的組成及結構。

b. 四磺坪：

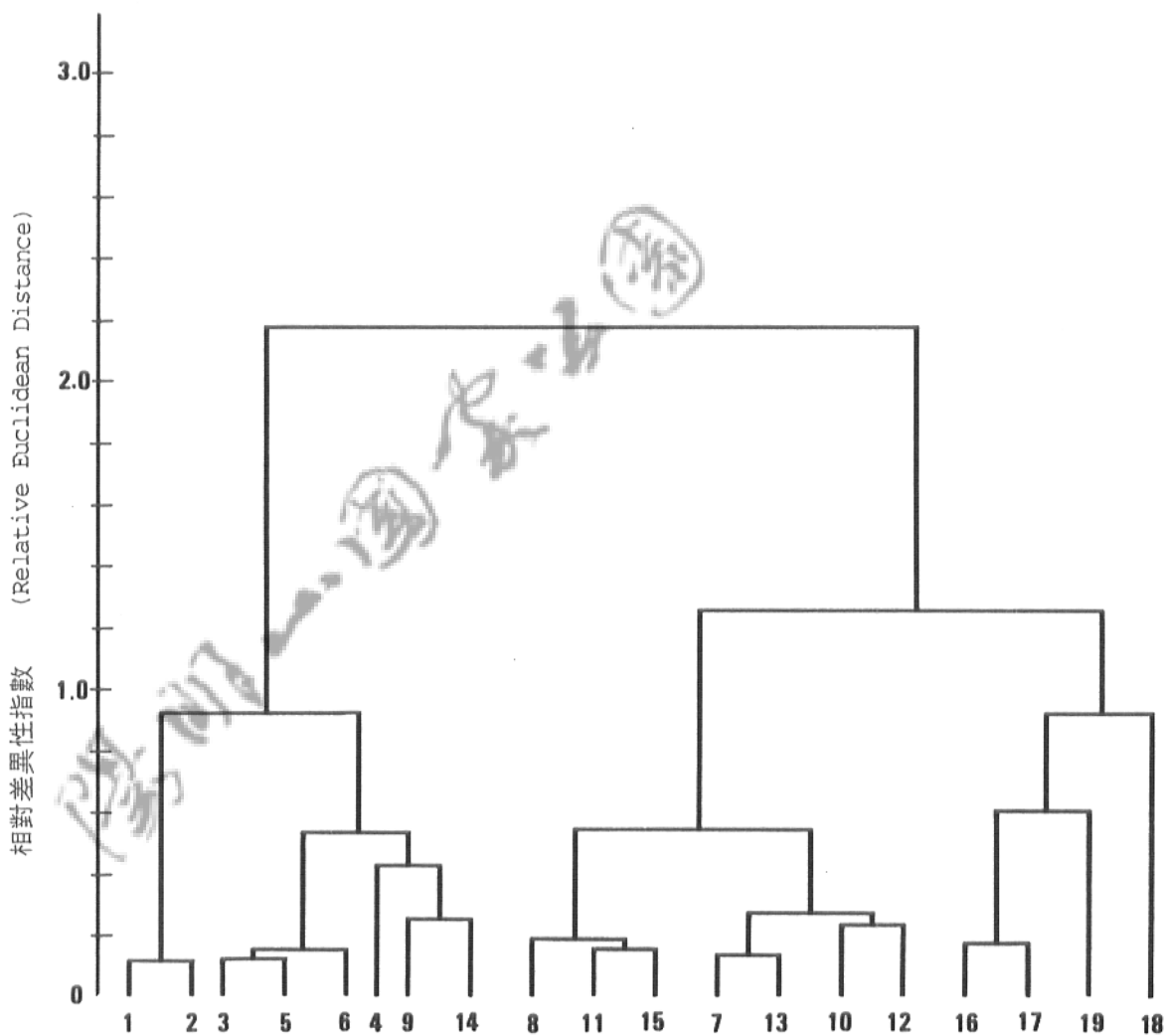
共設51個樣區，植物計有50種（附錄二）。顯示該地植群之結構與消長變化，將該區五種植群帶分層以柱狀圖列出各植群區各層次之優勢植物（圖十四、十五）。在五個植群帶中以地表植物爲優勢者仍以開放地：裸地區爲主。因裸地區接近噴氣孔及溫泉湧出口，以一種耐高溫之聚球藻屬（藍綠藻）爲優勢；稍遠離溫泉地帶，以台灣芒爲優勢的低草區始出現，因仍受地勢及噴氣的影響，優勢度無法達 100 %，而餘下之開放地即爲火山葉蘚及小叢藻所占据。隨距離的增加，台灣芒逐爲五節芒所取代及至其覆蓋度達 100 %，但有趣的是火山葉蘚亦分佈於此區，但只在五節芒不能生長的岩石上，由其生育地逐漸退縮推判，火山葉蘚仍具耐陰性，然而在岩石外，基質卻無法與其他植物競爭，但因其具有對硫的忍受性（sulfure tolerance）（Talaki, 1958）極高，故能適應噴氣附近的

表二：大磺嘴十九個綜合樣區中植物之單位覆蓋度

Quadrat Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1聚球藻屬																			
2卵囊藻屬	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
3裂絲藻屬																+	+		
4羽紋矽藻屬																		+	+
5綠球藻屬																		+	+
6顆絲藻屬																		+	+
7火山葉蘚	0.18	0.52	0.08	0.07	0.11														
8台灣芒	0.19	0.43	0.6	0.82	0.8	0.62													
9五節芒							0.8	0.8	0.8	0.6	1	0.8	1	1	1	1	1	0.05	0.08
10鋪地黍		0.07																	
11栗蕨		0.02		0.25												0.02	0.36		
12結縷蘭				0.05	0.1		0.25	0.21	0.34	0.4	0	0.48	0.12	0.19	0.25				
13月牡丹						0.01		0.03		0.04				0.02		0.02			
14芒萁											0.02								
15過山龍												0.02							
16熱帶鱗蓋蕨																0.02		0.08	0.19
17鹿鳳草																0.01		0.08	0.01
18小葉赤蘭											0.1								
19雙指花							0.25	0.22			0.5	0.13	0.28	0.36	0.46				
20南燭							0.65	0.31	0.4	0.56	0.15	0.29	0.53	0.26	0.06			0.06	
21山黃麻																0.85	1.03		0.88
22雷公根																		+	
23牛乳榕																		+	
24姑婆芋																		0.02	
25火炭母																		+	
26密花芋麻																			0.02
27粗毛鱗蓋蕨																		0.09	0.01
28水冬瓜																		0.08	
29艾納香																		0.01	0.03
30高粱泡																			+
31九節木																		0.01	+
32山豬肉																		0.95	
33山紅柿																		0.07	
34鹼草樹																		+	
35小花鼠刺																		0.01	
36兩耳草																		+	
37血桐																		0.03	0.08
38桑椹																		0.01	
39竹葉草																		0.8	0.5
40日本山桂花																		0.01	
41水麻																			0.01
42青芋麻																			0.01
43杜虹花																			0.03
44槭葉牽牛																			0.02
45山葡萄																			0.01
46中國穿鞘花																			+
47月桃																			+
48野桐																			0.11

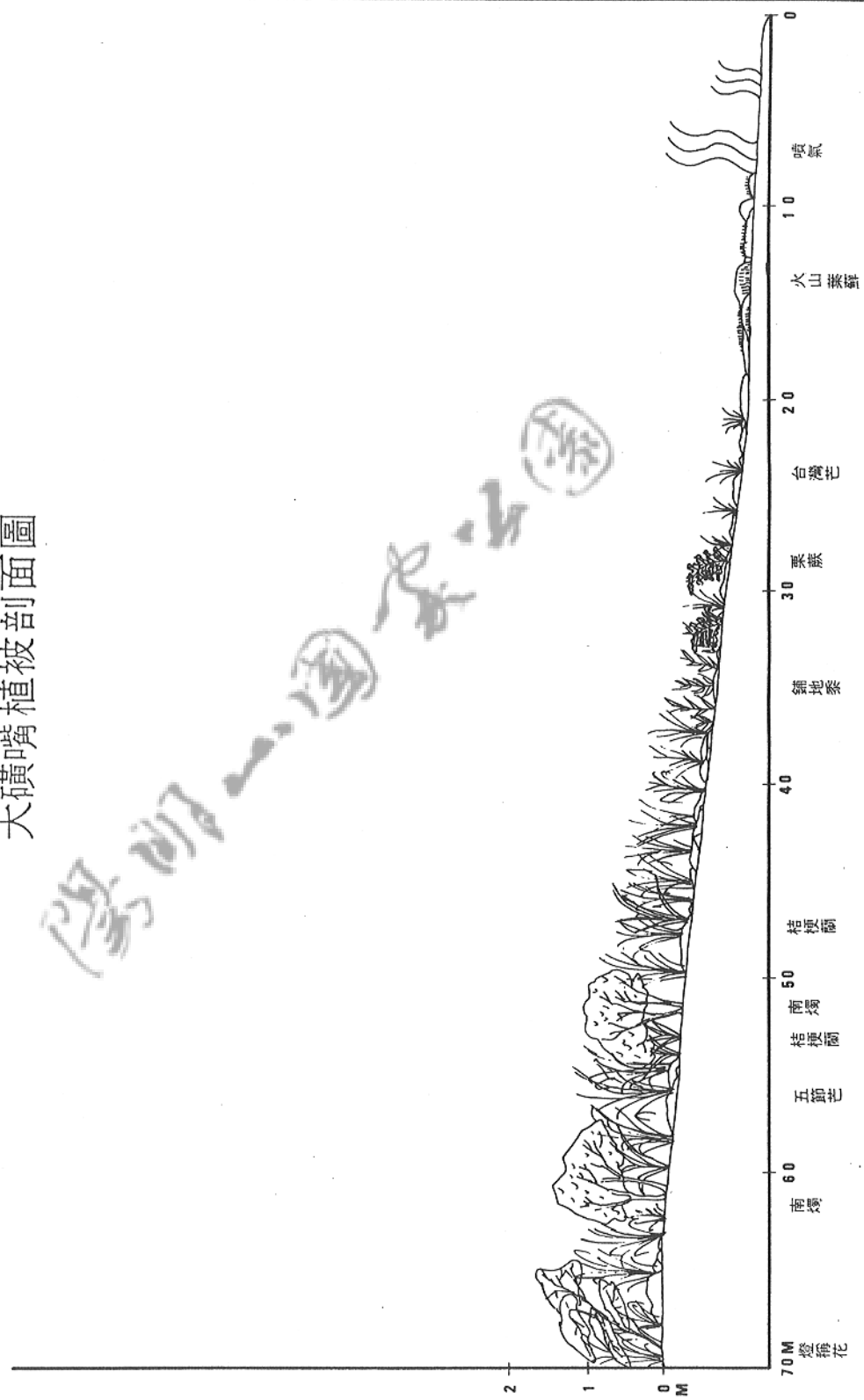
表三：大磡嘴十九個綜合樣區相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表

ST ST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1																			
2	0.12																		
3	0.51	0.60																	
4	0.49	0.53	0.37																
5	0.48	0.56	0.13	0.32															
6	0.60	0.68	0.18	0.37	0.13														
7	0.89	0.85	1.04	0.86	0.96	1.01													
8	0.90	0.87	1.05	0.88	0.97	1.02	0.38												
9	0.58	0.61	0.50	0.42	0.41	0.43	0.68	0.81											
10	0.89	0.86	1.04	0.86	0.96	1.00	0.18	0.46	0.64										
11	0.94	0.91	1.08	0.92	1.02	1.07	0.36	0.21	0.86	0.50									
12	0.89	0.86	1.05	0.86	0.96	0.99	0.23	0.29	0.71	0.22	0.37								
13	0.92	0.88	1.07	0.90	1.00	1.04	0.14	0.32	0.76	0.29	0.25	0.26							
14	0.54	0.58	0.44	0.37	0.36	0.39	0.71	0.77	0.26	0.73	0.80	0.74	0.76						
15	0.94	0.91	1.08	0.91	1.01	1.05	0.36	0.17	0.84	0.46	0.16	0.28	0.28	0.79					
16	0.97	0.94	1.11	0.96	1.06	1.10	0.60	0.52	0.92	0.64	0.54	0.56	0.55	0.91	0.54				
17	0.92	0.89	1.07	0.87	1.01	1.06	0.59	0.54	0.87	0.63	0.56	0.57	0.56	0.86	0.56	0.18			
18	0.87	0.84	1.03	0.86	0.96	1.01	0.76	0.77	0.82	0.77	0.81	0.77	0.79	0.80	0.81	0.86	0.81		
19	0.87	0.83	1.02	0.85	0.96	1.01	0.74	0.75	0.81	0.76	0.80	0.75	0.78	0.80	0.80	0.55	0.49	0.62	

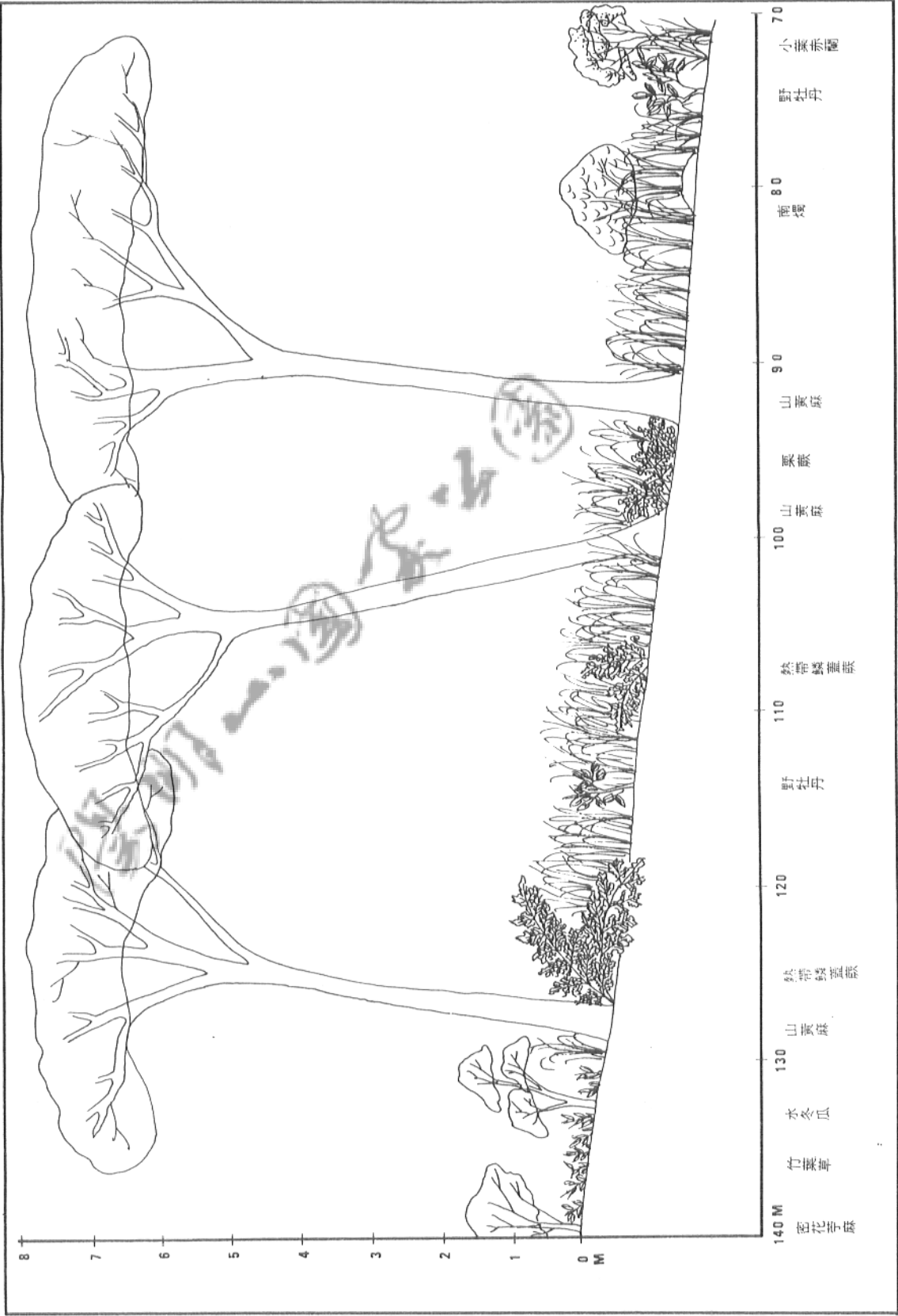


圖十二：大礮嘴十九個樣區之相對差異性指數樹形圖 ($\beta = -0.25$)
 (Dendrogram of the clustering of nineteen plots
 using relative Euclidean distance and the dflexible strategy)

大磺嘴植被剖面圖



圖十三：大磺嘴植被剖面圖



表十四：陽明山國家公園土質分析結果(二)

地點：大磺嘴

quadrates	pH	cond. μS	total nitrogen ppm	K ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	organic matter %	available phosphate ppm	S %
B1	2.46	2390	0.095	8.80	16.02	4.15	1.86	3.23	0.636
B2	2.77	1614	0.036	8.49	13.59	4.70	6.70	4.22	4.887
H1	2.17	6180	0.350	16.91	14.46	2.66	10.67	4.31	0.599
H2	2.74	1205	0.427	11.43	8.35	2.15	13.15	1.50	0.737
H3	2.92	889	0.164	10.55	9.76	3.03	5.34	1.20	0.942
H4	2.79	843	0.215	8.04	8.79	2.46	6.95	0.01	0.928
S1	2.88	1543	0.142	10.39	9.69	5.11	7.44	0.61	2.187
S2	2.9	802	0.093	5.30	10.21	2.54	4.67	0.07	2.034
S3	2.76	1120	0.058	4.30	8.22	1.04	2.98	0.53	0.385
S4	2.95	664	0.117	6.73	7.85	3.02	5.21	0.10	0.558
S5	2.85	1255	0.144	11.20	9.16	4.36	6.20	0.47	3.049
S6	3.01	1031	0.159	9.18	8.47	3.05	5.46	0.68	1.884
S7	2.78	1414	0.219	9.89	10.89	3.32	11.91	0.49	1.914
S8	2.78	1763	0.233	16.22	11.79	4.73	9.57	0.68	2.159
S9	3.15	765	0.073	7.06	7.53	1.27	3.47	0.16	2.391
F1	3.27	638	0.357	25.69	25.28	3.65	13.40	13.68	0.256
F2	3.35	659	0.321	24.07	15.56	1.78	8.93	3.87	0.210
AF1	5.86	435	0.266	56.78	192.84	14.40	6.82	0.54	0.244
AF2	4.05	380	0.749	23.13	74.73	7.58	13.40	9.64	0.188

地點：竹子湖

B1	1.67	31100	0.080	2.43	11.33	1.94	1.02	1.14	2.323
B2	1.56	86000	0.049	3.06	12.73	2.81	1.22	1.56	2.015
H1	2.58	1056	0.084	5.24	9.28	1.61	2.84	0.27	1.311
H2	2.93	786	0.160	9.44	9.54	1.94	4.87	0.22	0.631
H3	2.59	872	0.304	8.31	8.60	2.38	7.11	0.82	0.441
H4	2.76	1940	0.128	6.58	5.11	1.47	5.28	0.97	0.097
S1	3.58	439	0.071	7.61	6.64	1.45	2.81	0.27	0.772
S2	3.54	-	0.067	8.3	8.25	1.70	4.32	0.44	0.614
S3	3.45	286	0.088	7.35	7.89	1.63	4.32	0.26	2.553
F1	2.78	702	0.064	2.60	10.07	1.13	3.65	1.34	0.183
F2	3.09	620	0.268	3.70	13.79	1.87	7.72	0.57	0.427
F3	3.99	339	1.050	13.39	17.00	8.00	12.10	0.11	0.960

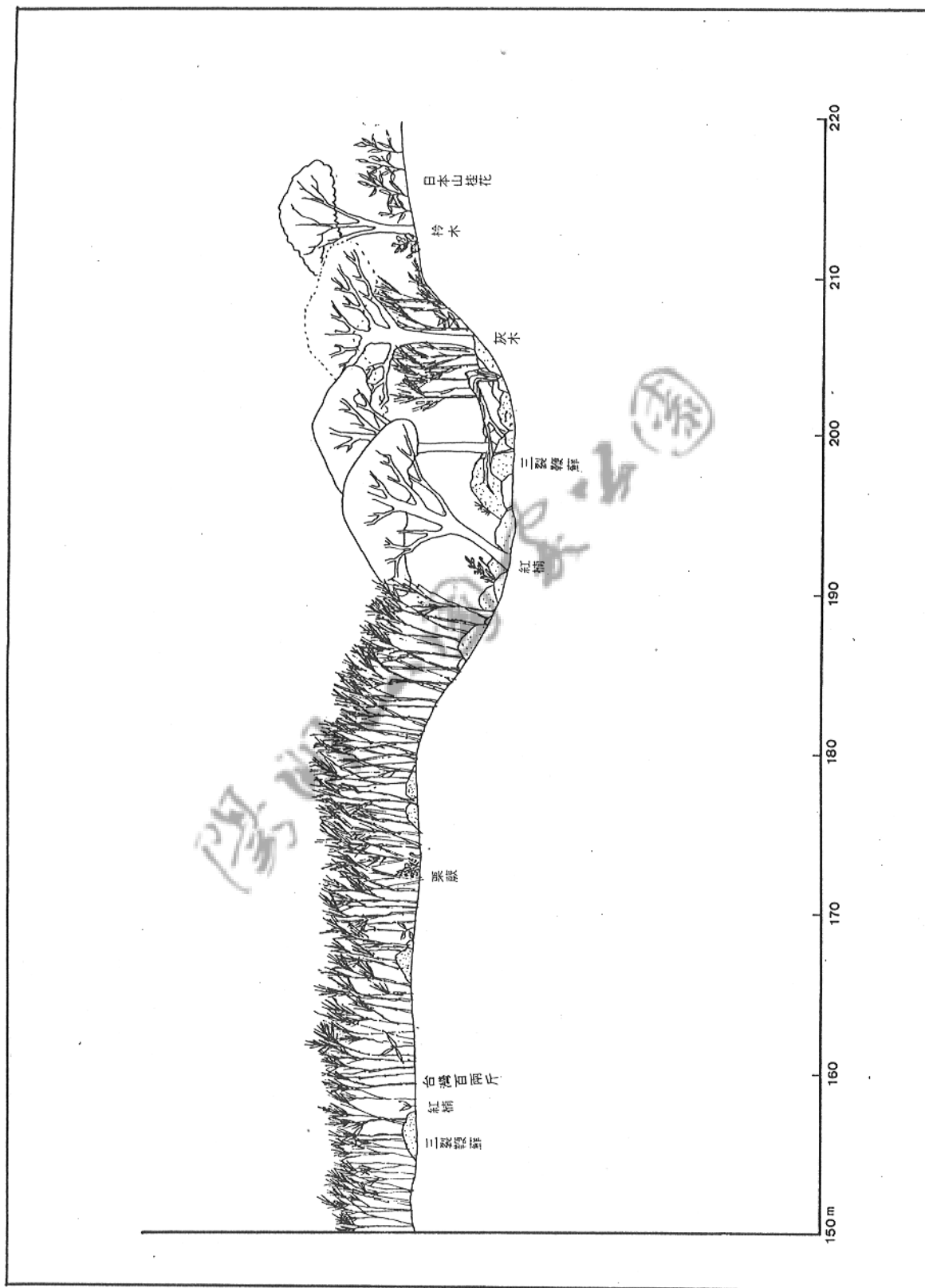
表十三：陽明山國家公園土質分析結果(一)

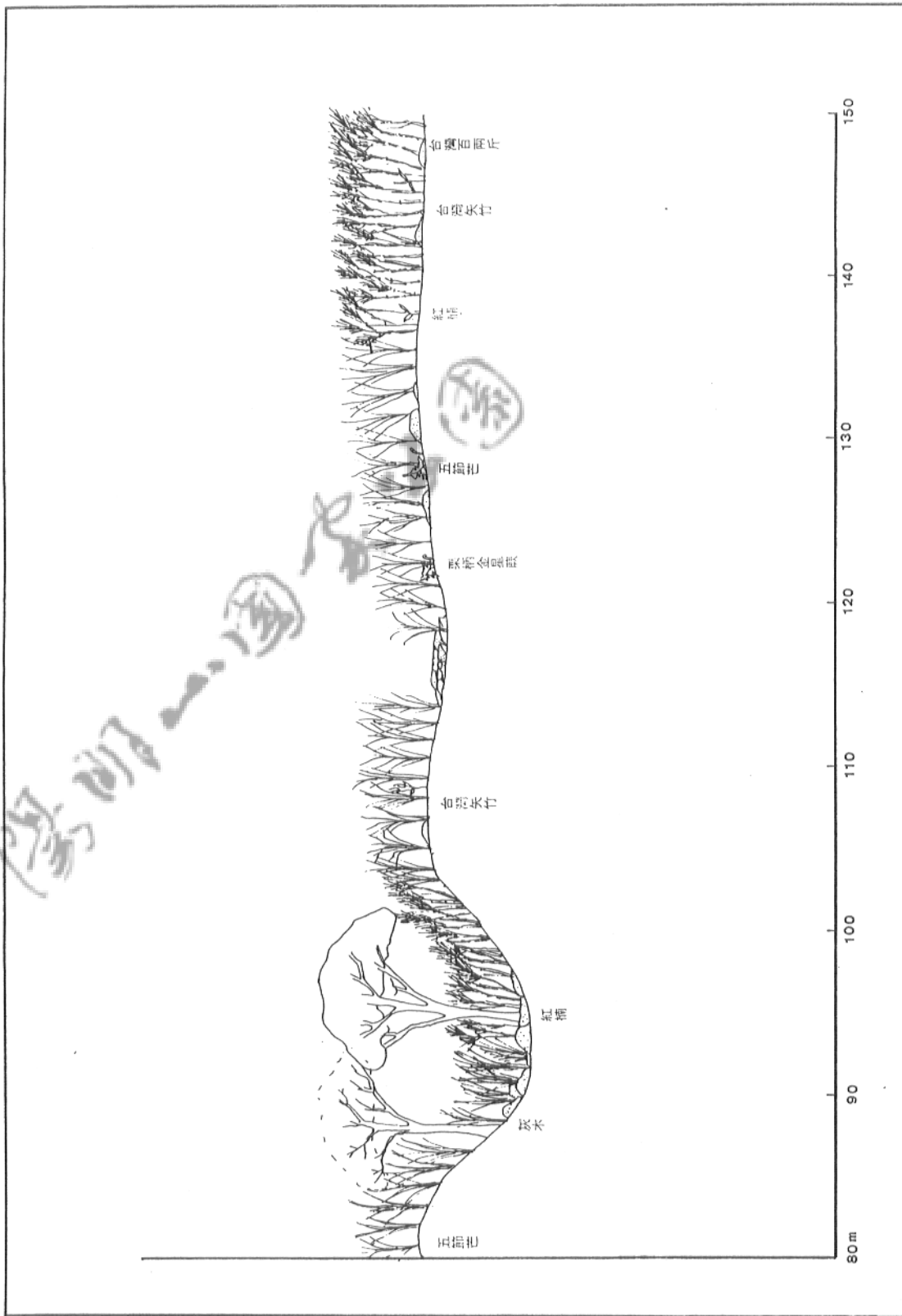
地點：小油坑

quadrates	pH	cond. μ S	total nitrogen ppm	K ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	organic matter %	available phosphate ppm	S %
B1	3.13	392	0.058	3.79	7.47	1.23	1.39	0.67	1.030
B2	3.26	458	0.117	5.51	9.32	1.28	1.62	0.77	0.729
B3	3.36	513	0.102	4.89	8.65	1.22	1.50	0.78	1.650
B4	3.73	340	0.097	4.76	6.95	1.05	1.16	1.64	1.350
LH1	3.78	365	0.075	6.22	8.28	1.06	0.92	1.92	0.395
LH2	3.81	346	0.072	5.86	7.30	1.01	1.27	1.71	0.303
LH3	3.85	348	0.036	6.06	7.03	0.85	0.69	1.92	0.279
HH1	3.92	172	0.507	8.17	18.66	2.44	11.34	0.82	0.307
HH2	3.96	171	0.560	8.99	10.11	2.49	12.37	0.73	0.294
HH3	4.05	176	0.673	11.09	9.62	3.32	13.40	0.74	0.311
HH4	4.01	198	0.654	11.89	11.23	3.30	13.40	0.77	0.345
F1	3.94	207	0.582	7.88	13.28	5.60	13.40	1.39	0.320
F2-1	4.08	169	0.654	10.44	13.42	3.06	13.40	0.59	0.351
F2-2	4.09	170	0.645	9.07	12.03	2.98	12.37	0.79	0.293
F2-3	4.11	135	0.392	10.93	10.77	2.69	10.57	0.88	0.732

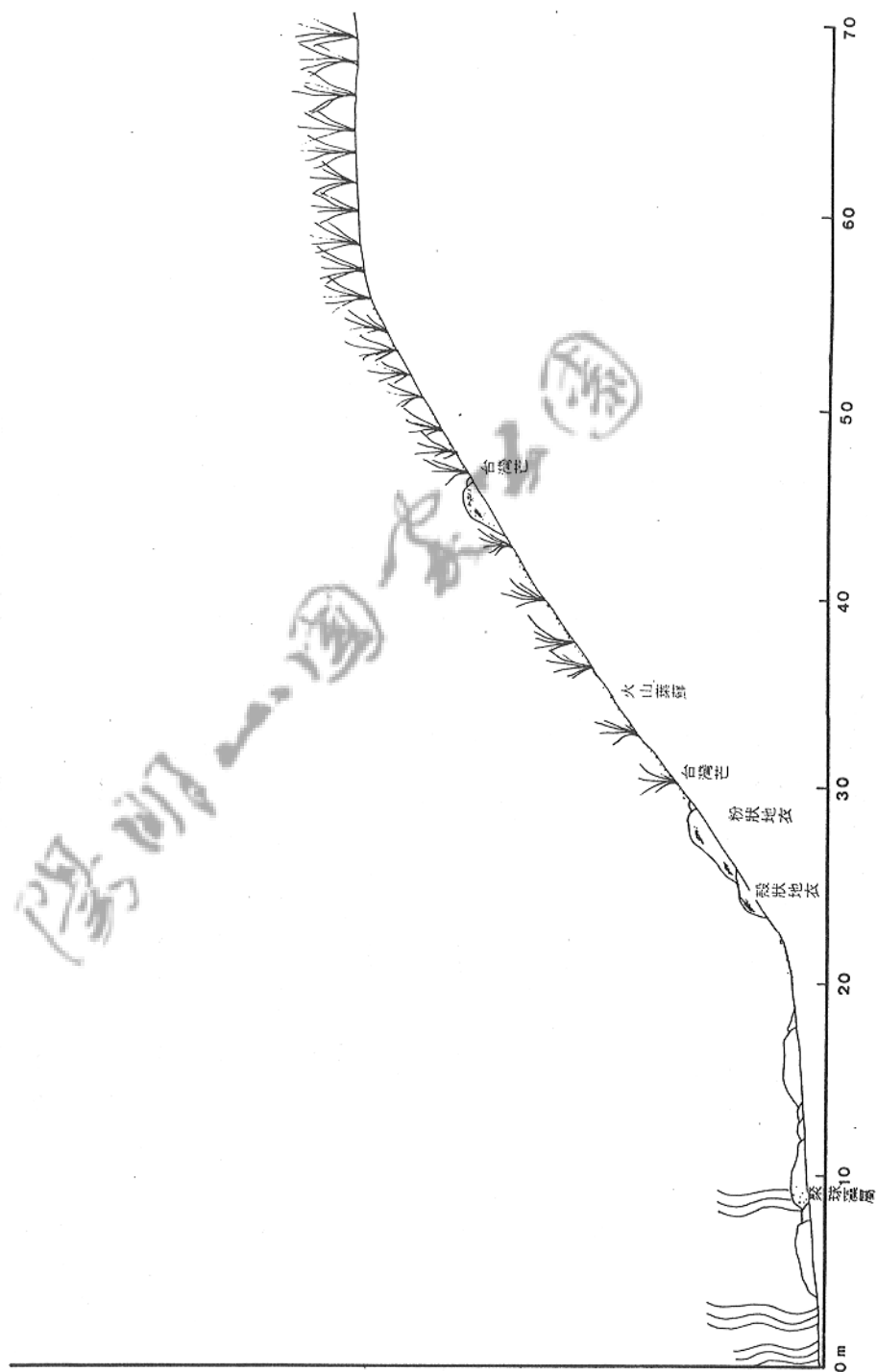
地點：四磺坪

B1	2.07	17070	0.060	3.32	7.73	0.97	0	1.34	3.242
B2	2.19	12440	0.040	6.74	8.77	1.03	0	1.67	2.424
B3	2.50	2610	0.092	2.76	7.86	1.25	0	0.38	1.112
B4	2.63	3890	0.087	2.85	9.19	2.41	0	0.86	1.190
B5	2.65	3880	0.039	4.01	10.86	2.02	0	0.34	1.511
LH1	2.79	2650	0.055	3.48	9.29	1.71	0.71	0.69	1.777
LH2	2.58	3210	0.049	4.04	8.20	1.30	0.35	0.60	1.494
LH3	3.25	1060	0.044	5.05	10.09	2.09	0	1.05	1.871
HH1	3.76	499	0.069	6.93	12.00	1.67	3.61	1.25	0.111
HH2	3.53	376	0.208	10.86	11.33	1.73	3.87	1.17	0.282
HH3	4.14	201	0.139	13.67	17.61	1.62	4.12	1.32	0.289
HH4	4.03	184	0.168	12.82	9.22	1.47	4.38	1.17	0.314
HH5	4.05	134	0.206	13.04	10.56	1.78	4.12	1.37	0.296
S1	3.94	160	0.453	12.44	10.10	3.50	11.24	1.67	0.225
S2	3.83	156	0.446	8.51	10.14	2.93	11.46	0.86	0.201
S3	3.40	231	0.699	11.60	18.11	9.35	13.40	0.63	0.172
F1	3.87	193	0.503	8.55	17.65	8.65	9.87	0.28	0.120
F2	3.88	219	0.587	8.75	20.04	9.80	12.34	0.56	0.120
F3	3.86	178	0.436	7.40	20.36	9.95	2.82	0.38	0.120

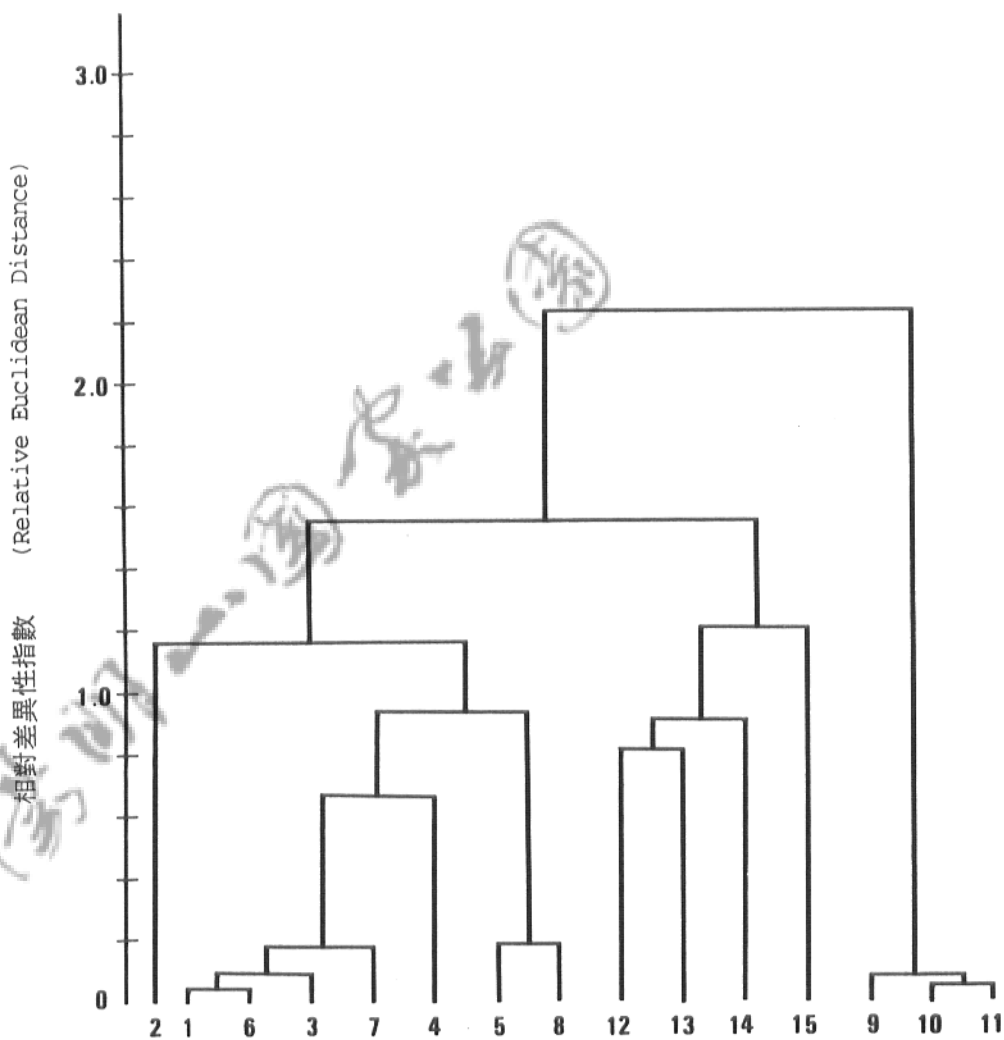




小油坑植被剖面圖



圖二十五：小油坑植被剖面圖



圖二十四：小油坑十五個樣區之相對差異性指數樹形圖 ($\beta = -0.25$)

(Dendrogram of the clustering of nineteen plots

using relative Euclidean distance and the dflexible strategy)

表十二：小油坑十五個綜合樣區中植物之相對差異性指數(Relative Euclidean Distance)矩陣表

ST ST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1															
2	0.62														
3	0.08	0.65													
4	0.52	0.91	0.46												
5	0.56	1.18	0.54	0.63											
6	0.05	0.67	0.08	0.51	0.51										
7	0.17	0.77	0.15	0.48	0.42	0.12									
8	0.74	1.36	0.72	0.76	0.19	0.69	0.60								
9	1.15	1.36	1.13	1.04	1.22	1.15	1.12	1.26							
10	1.23	1.41	1.20	1.12	1.30	1.22	1.20	1.34	0.09						
11	1.20	1.39	1.17	1.09	1.27	1.19	1.17	1.31	0.06	0.05					
12	0.87	1.12	0.83	0.68	0.97	0.86	0.83	1.04	1.02	1.09	1.06				
13	0.97	1.19	0.93	0.82	1.06	0.96	0.93	1.13	1.13	1.19	1.16	0.82			
14	0.99	1.21	0.96	0.83	1.08	0.98	0.96	1.15	1.15	1.21	1.18	0.85	0.95		
15	1.16	1.36	1.14	1.04	1.24	1.16	1.13	1.30	1.30	1.36	1.32	1.04	1.13	1.15	

表十一：小油坑十五個綜合樣區中植物之單位覆蓋度

Quadrat Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1聚球藻屬															
2裂絲藻屬	+	+	+	+											
3綠球藻屬															
4羽紋矽藻屬															
5顫絲藻屬															
6卵囊藻屬					+	+	+	+	+	+	+		+		
7 SP1(地衣)						0.01	0.13								
8 SP2(地衣)			0.12	0.3	0.04										
9火山葉蘚	0.72	0.33	1	0.24	0.18	0.74	0.76								
10三裂鞭蘚									0.02		0.03		0.01	0.01	0
11鱗葉蘚屬				0.28								0.07	0.01	0.02	0
12羽苔														0.01	0
13包氏白髮苔												0.03	0.01		
14五節芒								1	0.03			0.22			
15台灣芒	0.56	0.61	0.82	0.33	0.97	0.66	0.9								
16台灣矢竹								0.03	1	1	1	0.02		0.55	
17百兩斤											0.01				
18火炭母草												0.03			
19栗蕨								0.04				0.01		0.02	
20栗柄金星蕨								0.02	0.01				0.01		
21距花委									0.03			0.1	0.02	0.01	
22紅楠												0.04	0.01		0
23台灣樹參															
24拔葉屬													0.01		
25日本山桂花													0.14		
26台灣胡麻花												+		+	
27鬼紗羅														0.01	
28疏花柃木													0.71	0.01	
29江某												+			
30生根卷柏												0.01		0.02	
31土馬棕												+			
32紅鞘苔												0.01			
33灰木												0.31	0.17		
34山龍眼													0.01		
35老鼠刺													+		
36樹杞													+		
37昆欄樹														0.56	
38紅果金粟蘭													0.05		
39台灣鱗毛蕨												0.01			

爲灌木叢，實則已爲喬木植物取得優勢，足見山溝的地形條件對植群演替之加速效應。將67個樣區整合爲15個綜合樣區（表十一），做差異性指數（表十二），並行群團分析，採用Flexibley權重法（圖二十四）。樣區代號1-4 屬裸地區，5-7屬低草區，8-11 屬高草區，12-15屬森林區。由其群團的變化，裸地區與低草區實則具有相似的組成，乃因取樣時，此二區基本上已無特殊的環境差異，亦即若非受噴氣或溫泉直接影響，裸地區將爲台灣芒所侵入。8 號樣區屬五節芒高草區較接近低草區之組成，而9-11號樣區爲台灣矢竹林區，雖亦屬高草型，由樹形圖看來，應屬於獨立的社會形相，依群團之差異程度，由五節芒演替而來的灌叢或森林，應較台灣矢竹林爲快。此因五節芒易因上層遮蔽度的增家，喪失競爭力。圖（二十五）爲小油坑植被剖面圖、在山溝處都發生演替加速的現象，而火山葉蘚—台灣芒—五節芒—台灣矢竹的序列變化，似乎可代表該區之植群初級演替變化。

2 環境因子：

(1).土質分析結果：

表十三，十四爲四個噴氣孔之土質分析結果。就距離而言，越近噴氣孔處，pH 值、有機質（organic mater）及總氮量（total nitrogen）含量越低，而導電度（electronic conductivity）越高，而鉀（ K^+ ）、鈣（ Ca^{2+} ）、鎂（ Mg^{2+} ）、有效磷（available phosphate）與硫（sulfure）則無明顯相關，但若就植群演替的變化，則多項土質元素的變化，基本上都具有規律性，而這規律性正是本篇所要探討的重點。

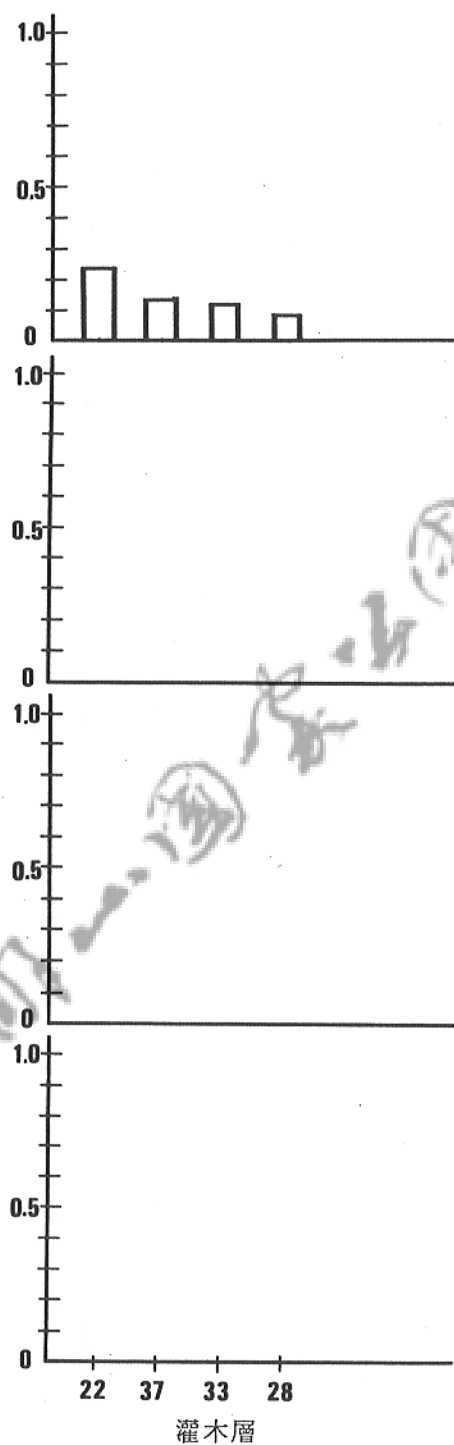
表十：小油坑各植群帶之生活型及相對比值

植群帶 生活型	裸地區 B	低草區 LH	高草區 HH	森林區 F
H	0.44	0.58	0.97	0.22
G				
Ch	0.56	0.42	0.02	0.12
N				0.21
M			0.01	0.45
V				

M：小喬木
N：灌木植物
Ch：地表植物
H：半地中植物
G：土中植物
V：藤本植物

受東北季風之影響較低，故能形成以檜木為主的灌木叢及以紅楠為主之森林。

觀察小油坑樣區出現所有植物之生活型變化（表十），裸地區以地表植物（Ch）為優勢，屬地中植物之藍綠藻，羽紋矽藻只分佈在噴氣口及溫泉流域，因該區為本研究四個噴氣區中噴氣最為壯觀者，噴氣附近，崩岩亂石，土壤尚未化育，故無法設樣取土，至土層風化的裸地區，已不受噴氣及地熱直接影響，因而以地表植物為主，之後為半地中植物（H）侵入，到了高草區取得 97% 的優勢，但亦發現喬木小苗亦生長其間，主要是紅楠的幼苗；到了水溝其形相



圖二十三：小油坑主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖(二)

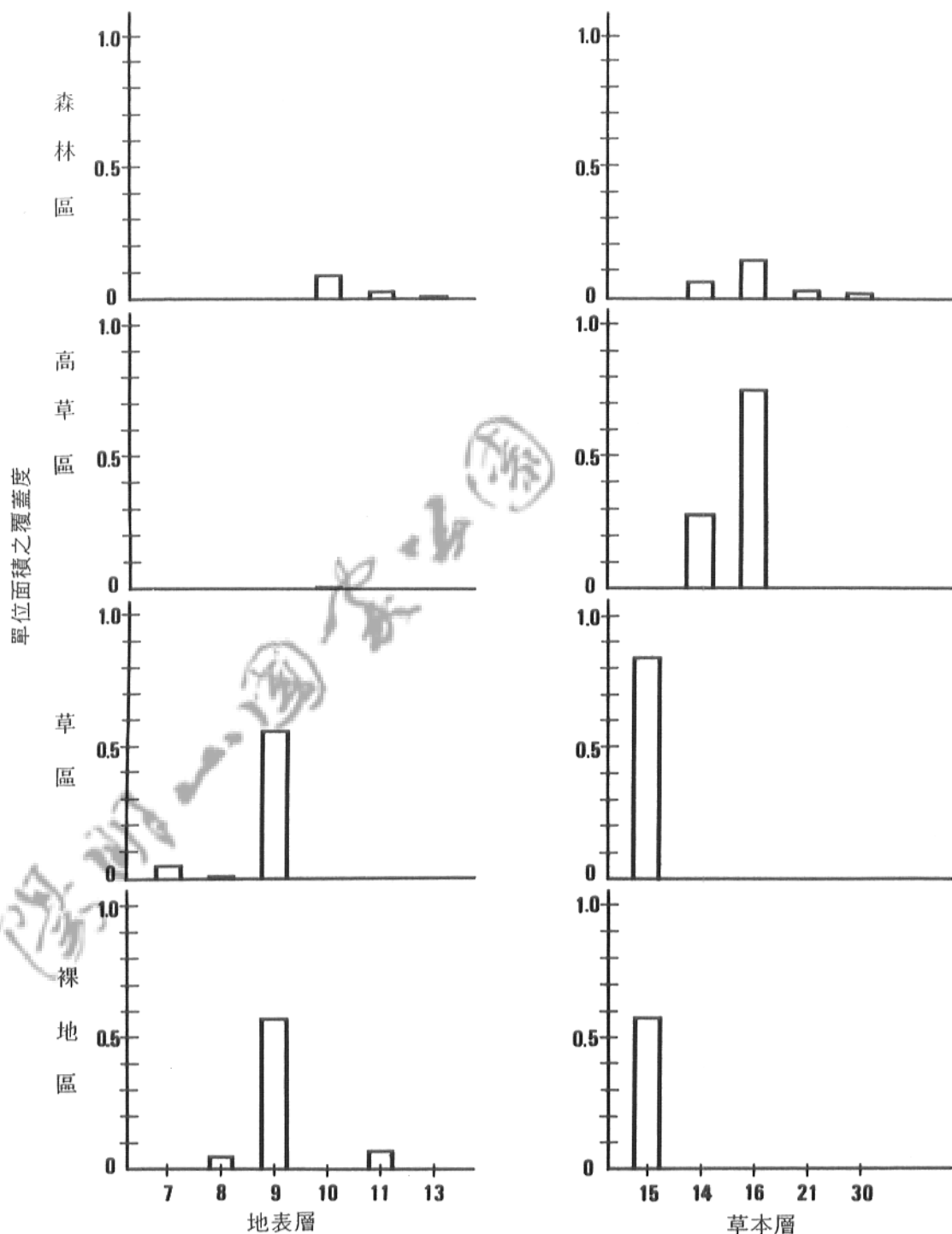
22.紅楠

37.昆欄樹

28.疏花鈴木

33.灰木

30.生根卷柏



圖二十二：小油坑主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖(一)

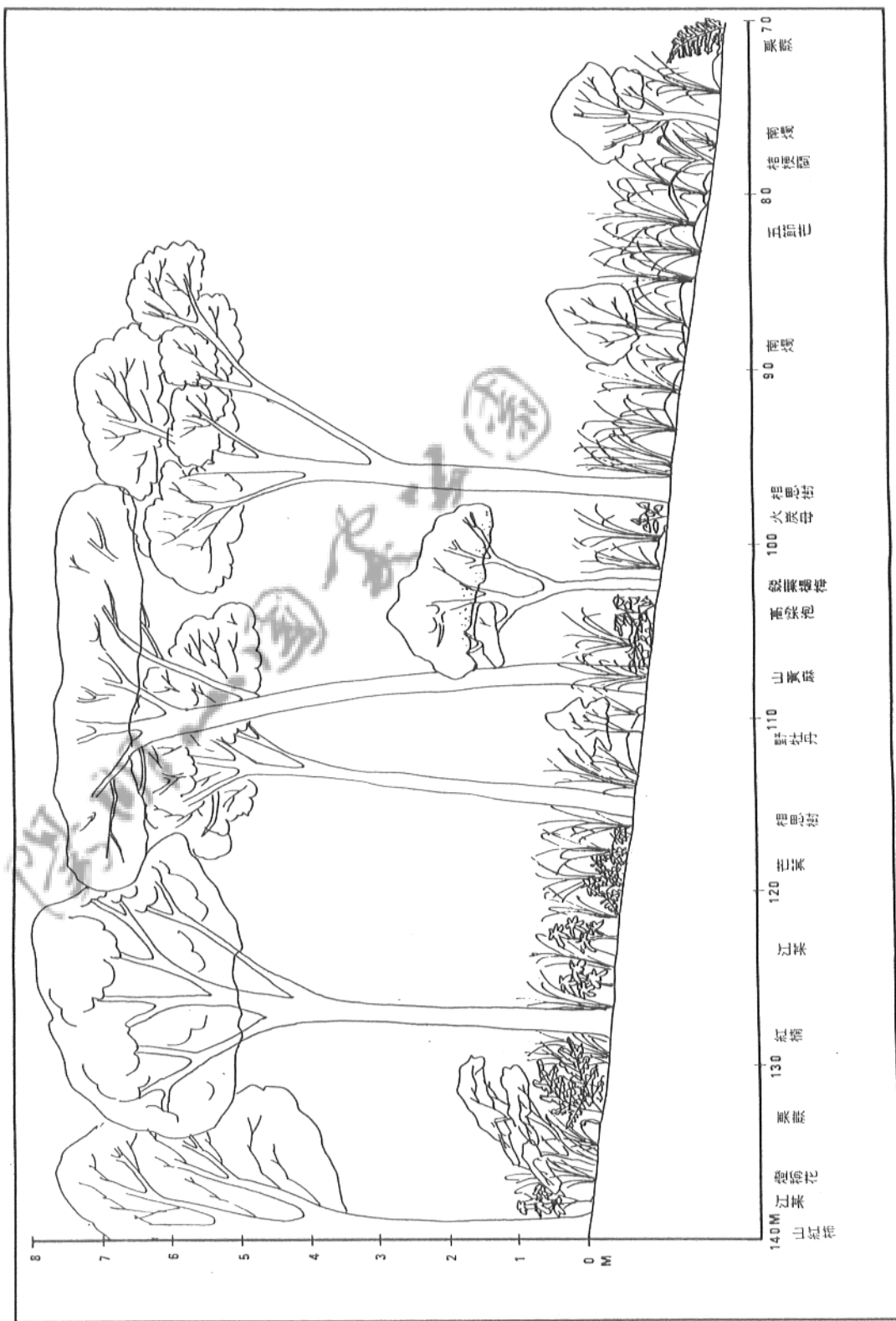
- 7.粉狀地衣
- 8.殼狀地衣
- 9.葉蘚屬
- 10.三裂鞭蘚
- 11.鱗葉蘚屬

- 13.包氏白髮苔
- 14.五節芒
- 15.台灣芒
- 16.台灣矢竹
- 21.距花黍

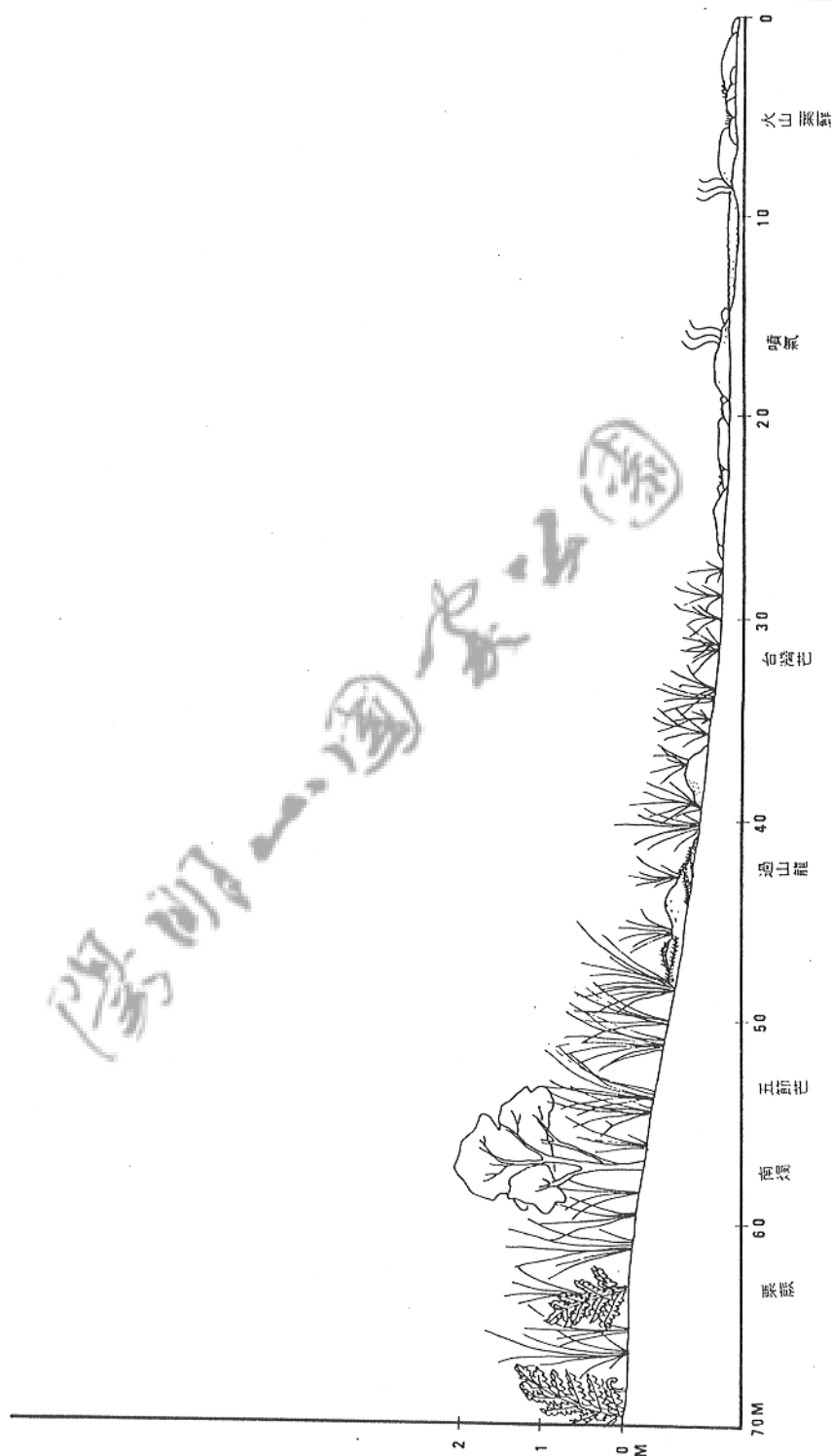
(圖二十一)，充份顯示該噴氣孔演替的序列變化及其組成結構之單純。

d. 小油坑：

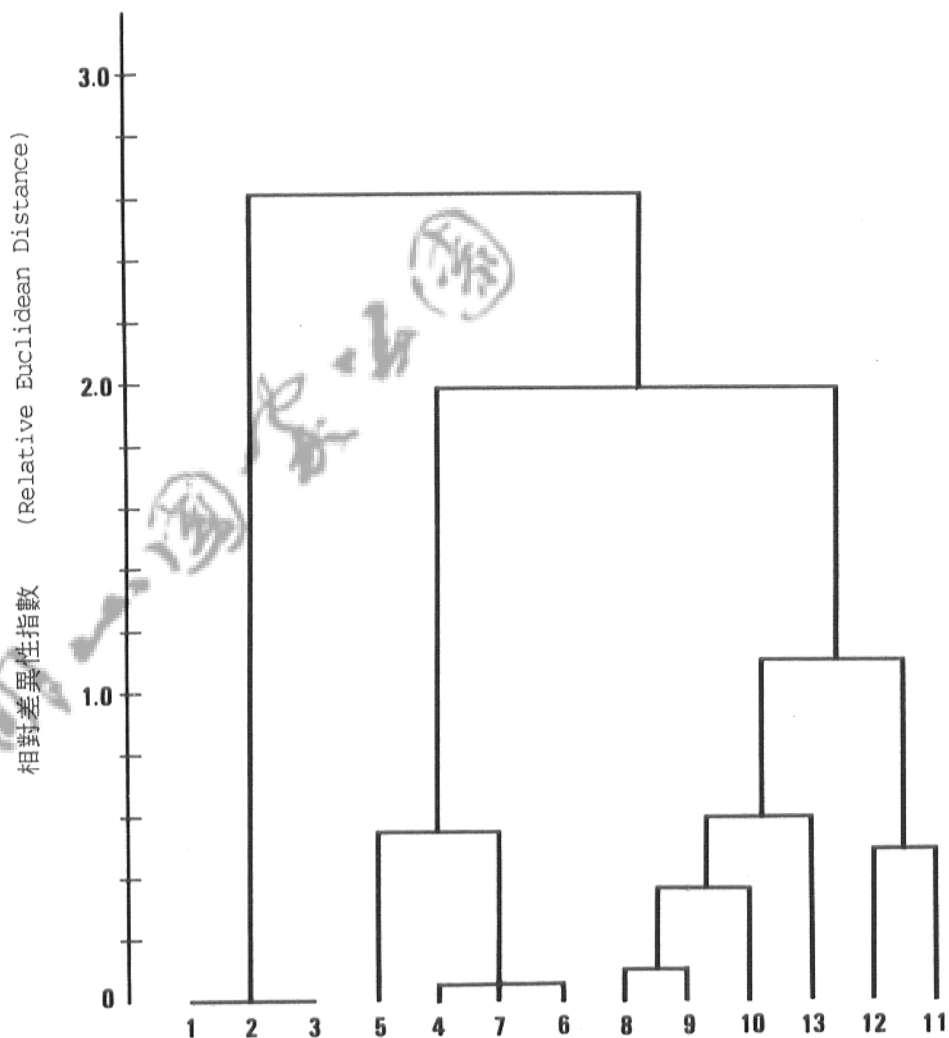
共設67個樣區、植物共計有39種(附錄四)。依小油坑四個植群帶各層的結構及優勢種分佈看出(圖二十二，二十三)，在四個植群帶中，地表層的植物集中在開闊地：裸地及低草區。火山葉蘚仍是開闊地的優勢植群，同時網衣地衣的出現，支持以往所謂陸生植物初級演替序列(Orden, 1969) 然而前所討論的三個噴氣孔，似乎缺乏地衣的階段，其因可能噴氣孔隨時間的風化，除噴氣口或噴泉孔之外，其岩質已漸化育為適合另一演替階段的植群，如火山葉蘚之植群階段，不過由裸地區草本層已為台灣芒侵入看來，可能火山葉蘚會逐漸向環境較惡劣的噴氣區附近推近，而台灣芒則取代火山葉蘚的生育地。在離爆裂口之第一個山稜的草本層以台灣矢竹及五節芒為優勢植物，事實上台灣矢竹及五節芒為分別獨立的社會，並形成推移帶(ecotone)的現象，由於五節芒是以種子繁殖，生長時需要充足的光線，而台灣矢竹卻以無性繁殖的方式，利用走莖侵入可能之生育地，因此在高草區中，台灣矢竹的優勢度遠較五節芒為高，是可以預期的。在小油坑的森林主要分佈於山溝，常出現矮化的灌叢形相，其生育地地表溼度高，因此地表層的苔蘚相發達，尤其以三裂鞭蘚為優勢。草本層仍以台灣矢竹為優勢、灌木層包括矮化的喬木，以紅楠、昆欄樹及檜木為優勢、推測山溝受風切面影響較小，且每年雨季時帶來充份的營養源及腐植質，故演替速度較位於山坡上之高草區為快。目前所見乃是喬灌混合林、而不見灌叢植物社會、可能是山溝效應造成演替加速現象。此有異於四磺坪植被狀況，雖然二地植物基本上並無差異、但四磺坪係為低谷地形，



竹子湖植被剖面圖



圖二十一：竹子湖植被剖面圖



圖二十：竹子湖十三個樣區之相對差異性指數樹形圖 ($\beta = -0.25$)
 (Dendrogram of the clustering of nineteen plots
 using relative Euclidean distance and the dflexible str

表九：竹子湖十三個樣區間之相異性指數 (Relative Euclidean Distance) 矩陣表

ST ST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	0.00												
3	0.00	0.00											
4	1.41	1.41	1.41										
5	1.25	1.25	1.25	0.43									
6	1.38	1.38	1.38	0.06	0.42								
7	1.38	1.38	1.38	0.06	0.37	0.06							
8	1.24	1.24	1.24	1.23	1.05	1.20	1.20						
9	1.29	1.29	1.29	1.28	1.11	1.25	1.25	0.20					
10	1.16	1.16	1.16	1.15	0.94	1.12	1.11	0.34	0.32				
11	1.10	1.10	1.10	1.09	0.89	1.06	1.05	0.63	0.69	0.48			
12	1.12	1.12	1.12	1.11	0.90	1.07	1.07	0.87	0.95	0.76	0.66		
13	1.18	1.18	1.18	1.17	0.98	1.14	1.13	0.95	1.01	0.83	0.76	0.49	

表八：竹子湖十三個綜合樣區中植物之單位覆蓋度

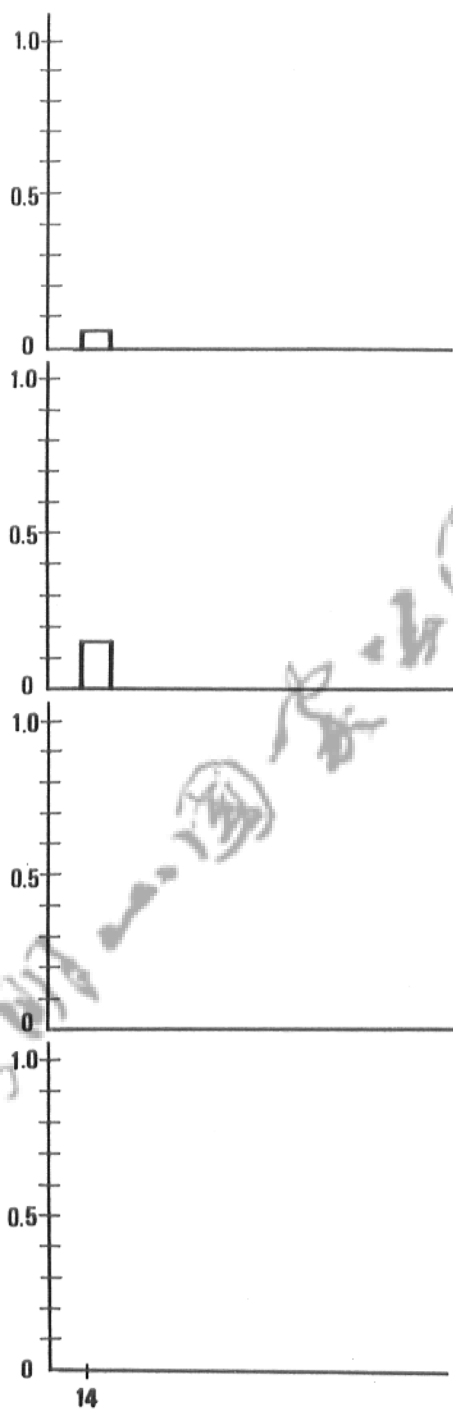
Quadrat Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1聚球藻屬	+	+	+										
2羽紋矽藻屬	0.07	0.13	0.18										
3綠球藻屬													
4卵囊藻屬											+	+	+
5火山葉蘚													
6鱗葉蘚屬						0.05		0.2	0.01		0.01	0.03	0.01
7包氏白髮苔							0.01						0.01
8台灣芒				1	1	1	1						
9五節芒								1	1	1	1	1	0.73
10桔梗蘭										0.03			
11過山龍				0.01	0.46		0.05			0.07			
12野牡丹												+	
13芒萁								0.1	0.13	0.25			0.03
14南燭									0.11	0.37	0.13		0.05
15日本山桂花											+	+	
16高粱泡												0.04	
17火炭母												0.04	0.01
18鈴壁龍													
19栗蕨								0.1			0.13	0.15	0.24
20土伏苓													0.01
21菰屬													0.01
22燈稱花												+	+
23紅楠													0.5
24江某													0.07
25SP1. (地衣)							+						
26山黃麻											0.20	0.38	
27相思樹											0.68	0.19	
28銳葉楊梅											0.04	0.22	
29薯豆													0.03
30山紅柿													
31黑松										0.19			1

表七：竹子湖各植群帶之生活型及相對比值

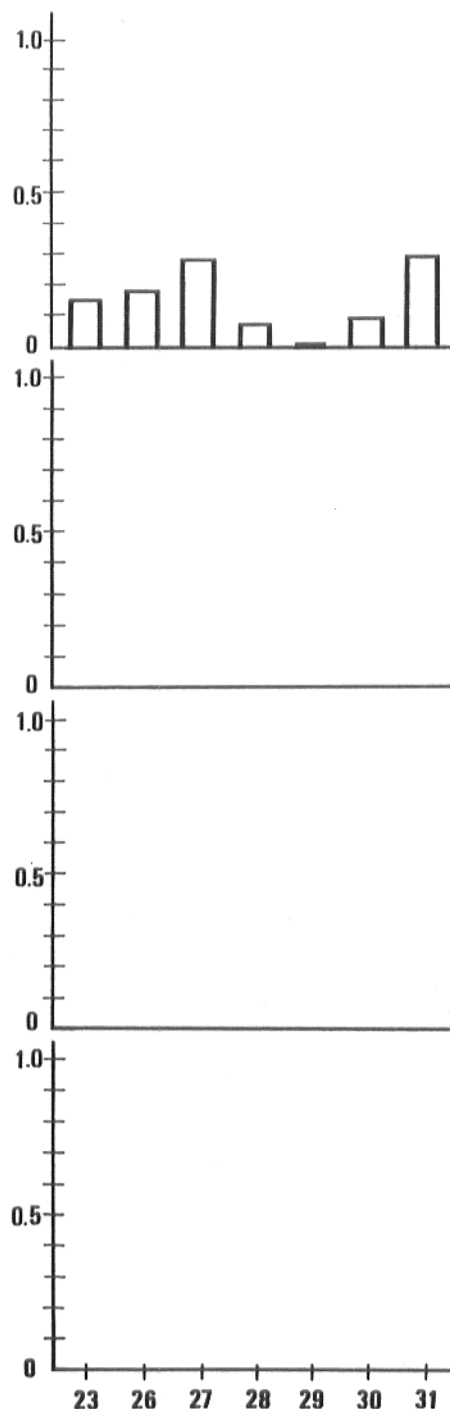
植群帶 生活型	裸地區 B	草叢區 H	灌叢區 S	森林區 F
H		0.99	0.82	0.47
G	1.00			
B		0.01	0.04	0.01
N			0.10	0.03
M			0.04	0.49
V				

M：小喬木
N：灌木植物
Ch：地表植物
H：半地中植物
G：土中植物
V：藤本植物

同時將41個樣區整合為13個綜合樣區（表八），做相對差異性指數評估（表九），進行群團分析，採用flexibly權重法（ $\beta = -0.25$ ）（圖二十）。樣區代號 1-3屬裸地區，4-7屬草叢區，8-10屬灌叢區，11-13 屬森林區。代表灌木區的3 個樣區(8-10)與代表自然復育之紅楠—山紅柿森林(13)之差異性較小，故前所推測由南燭演替至紅楠—山紅柿社會可能性較大。11,12 樣區為相思樹—山黃麻混合林，與 8,9,10及13 樣區聯合為一群團，顯示該混合林相紅楠—山紅柿演替之可能，且與灌木的演替序列具有並行的演替地位。依上述推論及參考各植群帶優勢種之變化，繪出竹子湖噴氣孔剖面圖



灌木層



樹木層

圖十九：竹子湖主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖(二)

2.羽紋矽藻屬

4.顫絲藻屬

6.鱗葉蘚屬

8.台灣芒

9.五節芒

11.過山龍

13.芒萁

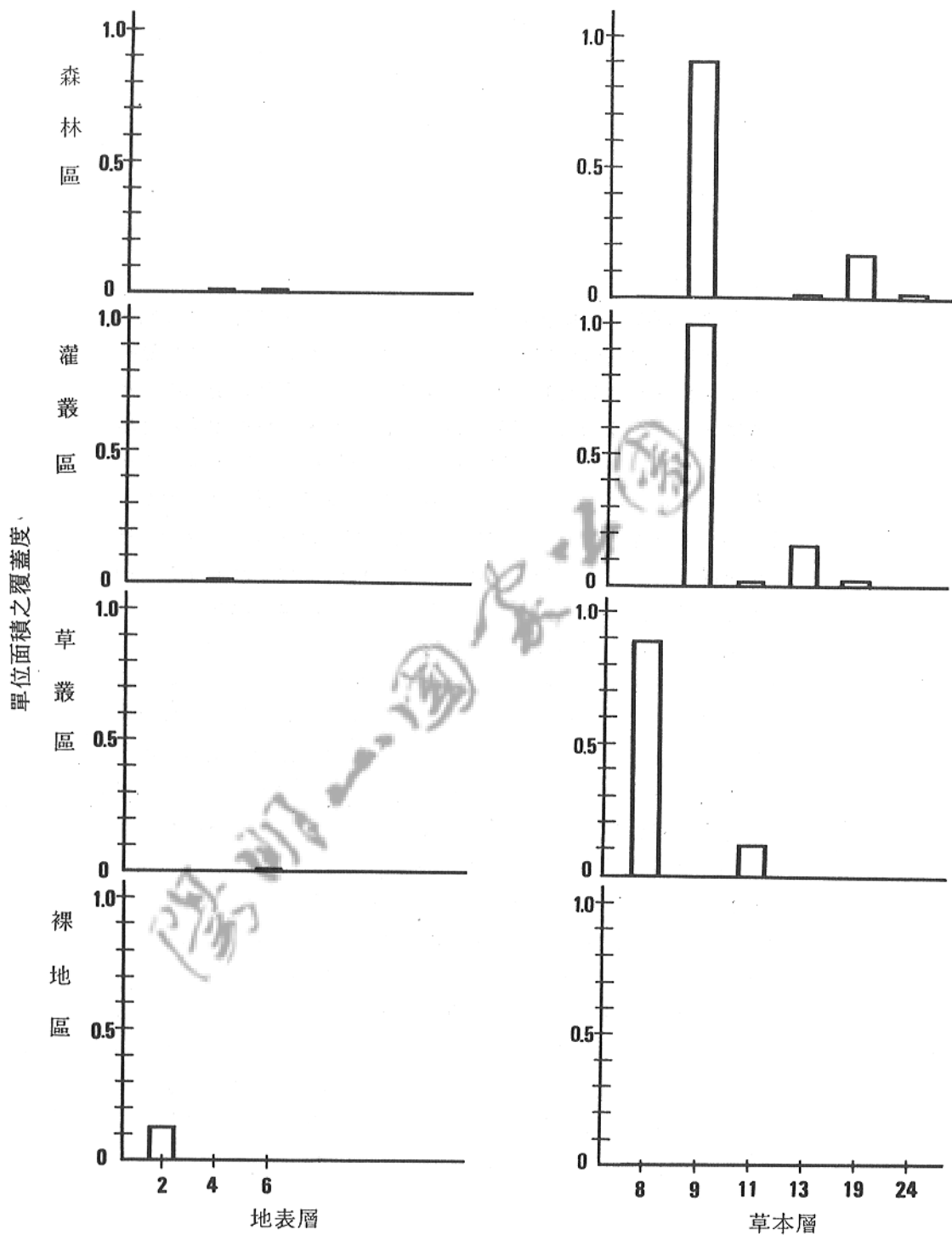
14.南燭

19.栗蕨

23.紅楠

24.江某

26.山黃麻



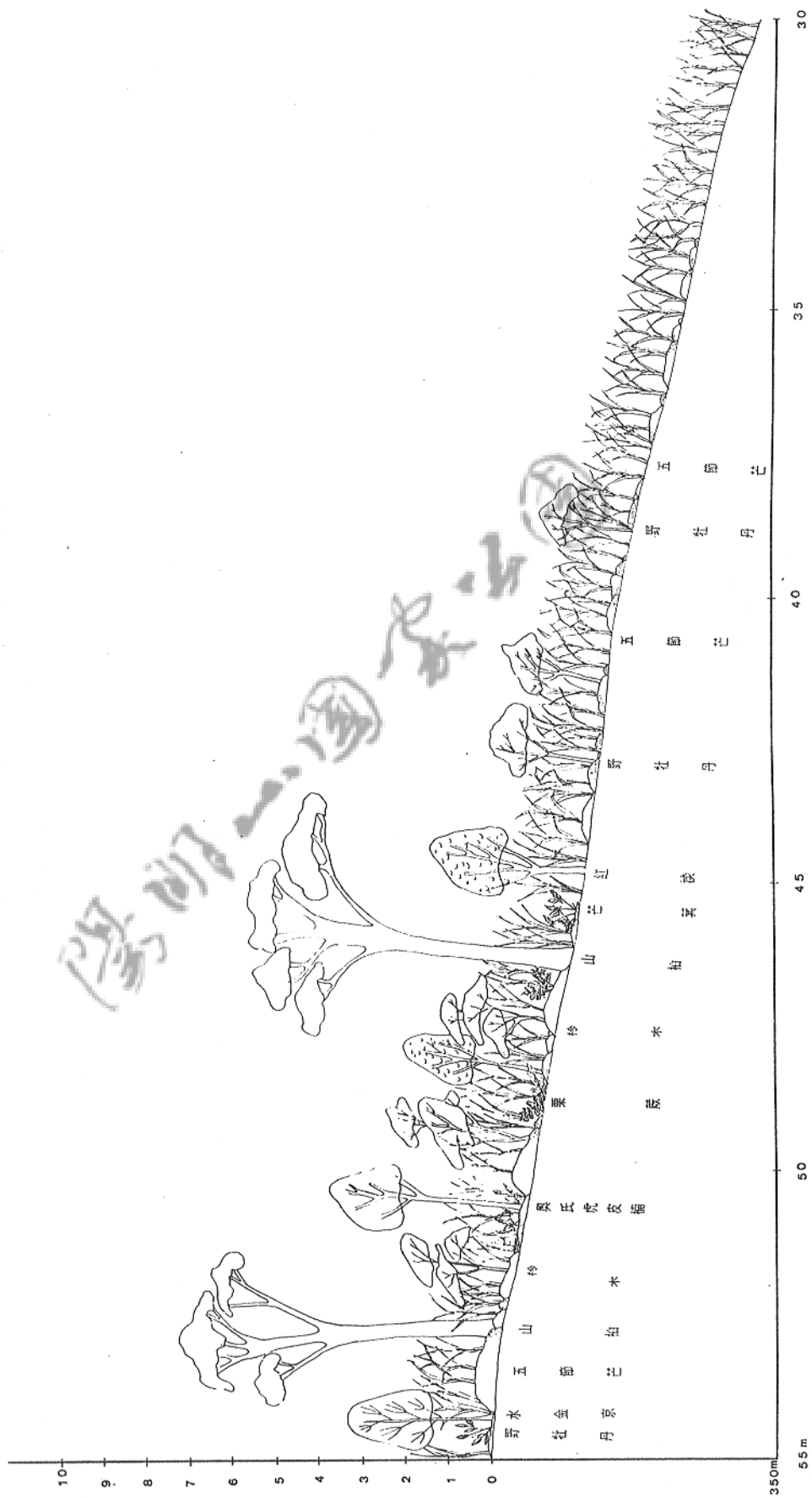
圖十八：竹子湖主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖（一）

- 27. 相思樹
- 28. 銳葉楊梅
- 29. 薯豆
- 30. 山紅柿
- 31. 台灣黑松

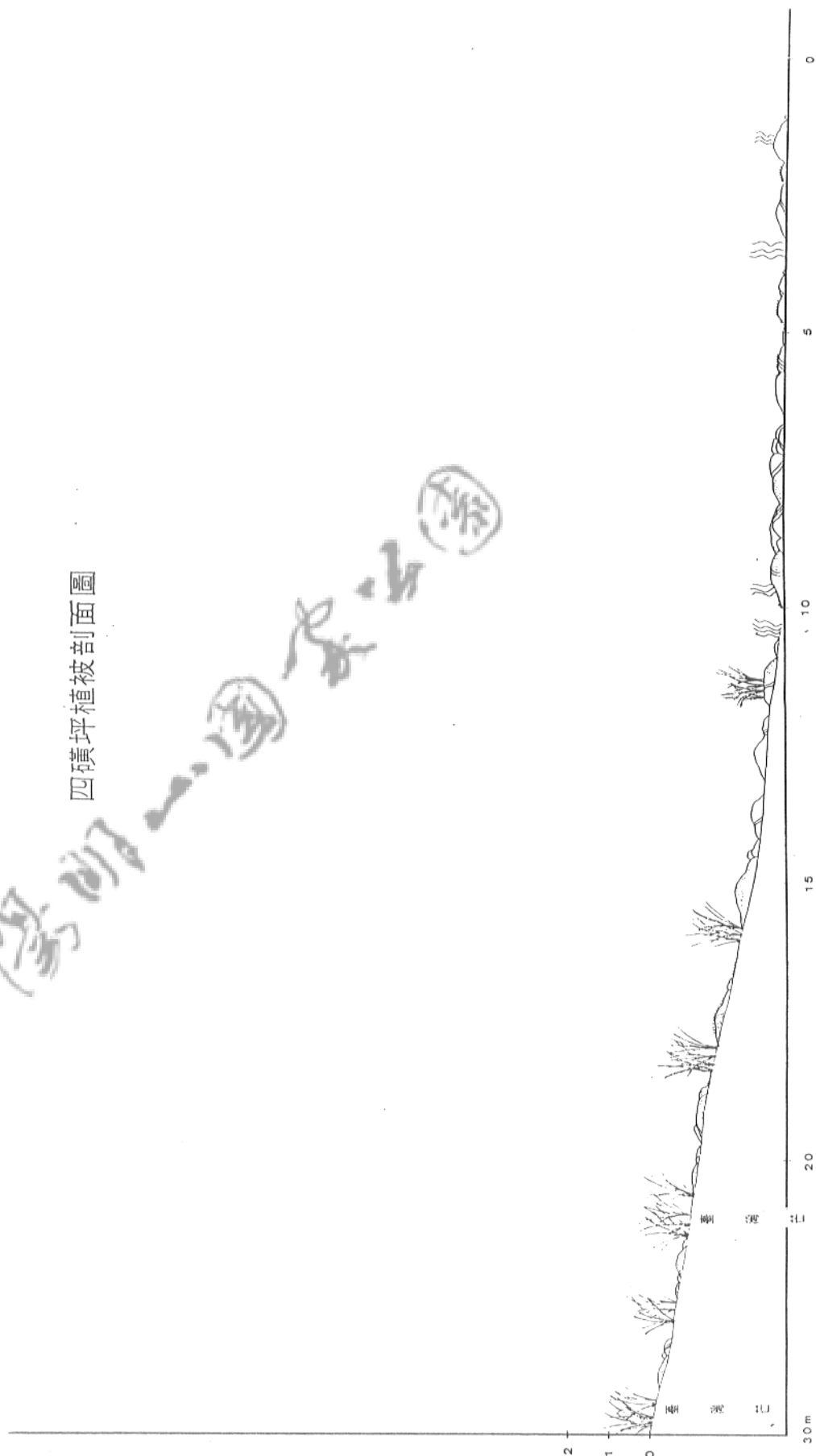
c. 竹子湖：

共設41個樣區，植物共計31種（附錄三）。比較竹子湖五個植群帶各層的結構及優勢種（圖十八、十九），如同前述二個噴氣孔。土中植物(G)在開放的裸地最爲優勢，主要是生長在淺水中之羽紋矽藻，在旱季乾涸所致，調查期間樣區內並未出現火山葉蘚之植物社會，但在裸地區的其他地方發現該苔蘚呈枯萎狀態，得知火山葉蘚的生存環境在潮溼的狀態下，或爲冬北季風盛行，及梅雨季節時才能達到其優勢的狀態。由於竹子湖的噴氣十分微弱，故約距裸地溫泉區 5m-10m 處台灣芒已建立 90 % 的優勢度，鄰近爆裂口的陡坡上生長著代表灌木區的南燭，其下草本層則爲五節芒而非台灣芒。另森林及樹木層組成特異，或係受人爲干擾所致，分爲兩型，其一顯示人造相思樹最爲優勢，加上後來生成的山黃麻，成爲相思樹—山黃麻混合林，類似大磺嘴之山黃麻林，下層之草本層幾乎達 100% 的優勢度，但缺乏灌木層。另一爲以紅楠及山紅柿所形成的優勢社會，原爲日據時代黑松造林區，故尚存直徑達 56cm 之黑松，經原生樹種的自然復育，而產生次級原生社會，該社會的灌木層仍以南燭爲主，受附近人爲干擾，草本層仍以五節芒爲優勢。由各區植群植物之變化中，其演替序列應由裸地的羽紋矽藻至台灣芒社會，再由南燭的灌叢社會至紅楠—山紅柿之森林，或山黃麻林直接取代灌叢的演替地位，直接演替至紅楠—山紅柿林相。

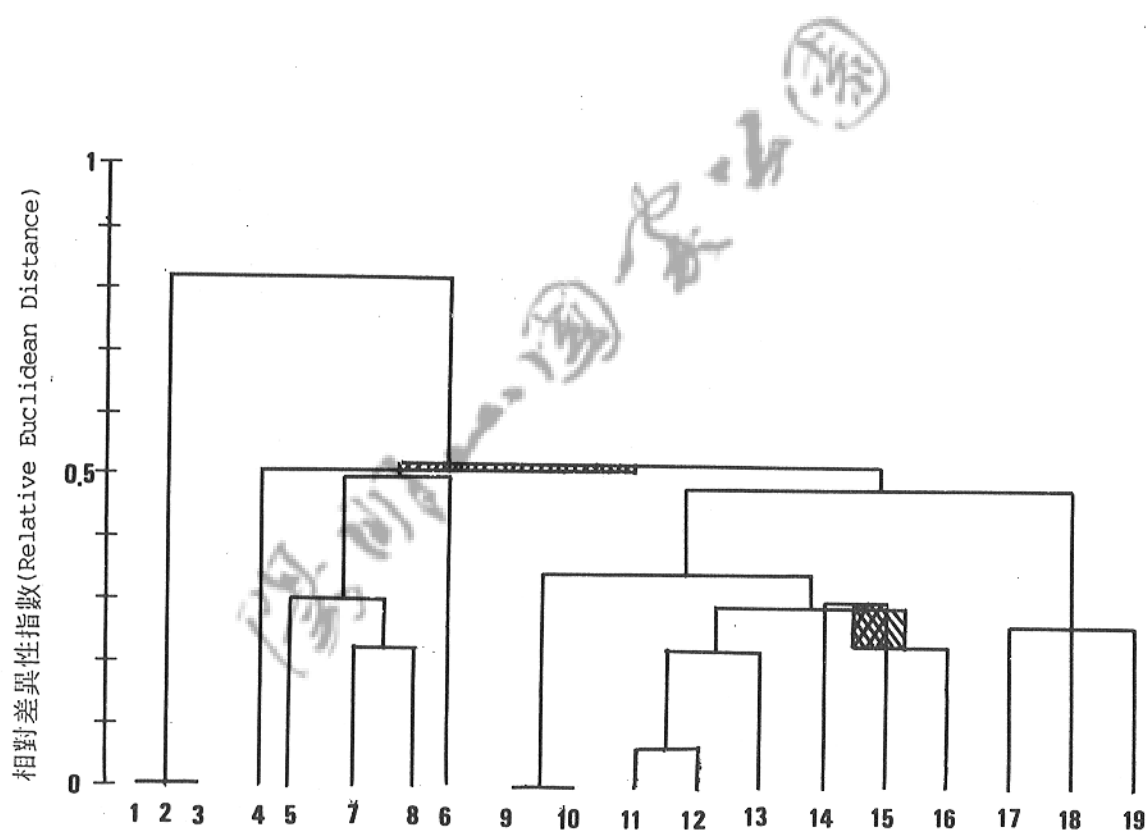
由各植群的生活型變化，亦可看出竹子湖噴氣區植群演替特性（表七）。在裸地區是以土中植物(G)爲唯一生活型，而草叢區以當半地中植物(ch)爲優勢，隨灌木與喬木之增加，其優勢相對下降；由森林區半地中型植物仍占47%，灌木占 3% 看來，其森林仍處於演替早期的社會。



四礮坪植被剖面圖



圖十七：四礮坪植被剖面圖



圖十六：四礮坪19個樣區之相對差異性指數樹形圖
(Clustering by the centroid (unweighted) strategy)

表六：四磺坪十九個樣區間之相異性指數 (Relative Euclidean Distance) 矩陣表

ST ST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1																			
2	0.00																		
3	0.00	0.00																	
4	0.82	0.82	0.82																
5	1.05	1.05	1.05	0.66															
6	1.15	1.15	1.15	0.66	0.54														
7	1.33	1.33	1.33	1.01	0.35	0.72													
8	1.25	1.25	1.25	0.96	0.36	0.56	0.22												
9	1.41	1.41	1.41	1.15	1.17	1.14	1.32	1.26											
10	1.41	1.41	1.41	1.15	1.17	1.14	1.32	1.26	0.00										
11	1.25	1.25	1.25	0.91	0.96	0.91	1.14	1.08	0.33	0.33									
12	1.27	1.27	1.27	0.96	1.00	0.95	1.00	1.11	0.28	0.28	0.06								
13	1.21	1.21	1.21	0.86	0.91	0.85	1.10	1.03	0.53	0.53	0.21	0.25							
14	1.11	1.11	1.11	0.75	0.79	0.73	0.99	0.91	0.65	0.65	0.47	0.49	0.47						
15	1.12	1.12	1.12	0.77	0.80	0.75	1.00	1.93	0.56	0.56	0.39	0.41	0.42	0.30					
16	1.12	1.12	1.12	0.76	0.80	0.75	1.00	1.92	0.61	0.61	0.43	0.45	0.45	0.31	0.30				
17	1.05	1.05	1.05	0.66	0.70	0.64	0.92	0.84	0.99	0.99	0.75	0.79	0.67	0.51	0.53	0.49			
18	1.05	1.05	1.05	0.66	0.70	0.64	0.93	0.84	1.04	1.04	0.82	0.85	0.75	0.57	0.59	0.54	0.29		
19	1.06	1.06	1.06	0.67	0.71	0.66	0.93	0.85	1.04	1.04	0.82	0.86	0.76	0.59	0.60	0.52	0.36	0.26	

表五： 四磺坪十九個綜合樣區中植物之單位覆蓋度

Quadrat Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1聚球藻屬	0.09	0.07	0.04	+	+	+	+	+											
2裂絲藻屬																			
3頸絲藻屬																			
4綠球藻屬									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5卵囊藻屬				+	+	+	+	+											
6羽紋砂藻屬	+	+	+	+	+	+	+	+											
7小囊藻屬						0.12	0.02	0.14											
8火山葉蘚				0.01	0.01	0.07	0.02				0.13	0.07	0.13	0.02					
9鱗葉蘚屬																+			
10白髮苔																			
11野牡丹											0.24	0.22	0.57		+		0.01		0.01
12台灣芒					0.04	0.08	0.38	0.46											
13五節芒									1	1	1	1	1	0.82	0.91	0.78	0.01		0.01
14花距黍															0.02		0.01		
15陸生珍珠茅																		+	0.01
16橢圓葉月桃																0.02	0.01	0.01	0.01
17栗柄金星蕨																			
18栗蕨														0.29		0.23	0.01		
19芒萁														0.29	0.21	+	0.01	0.01	0.01
20火炭母																			
21烏毛蕨														0.02					
22鉅書帶蕨														+					
23大青																	0.02		
24鈴壁龍															0.05		0.03		0.24
25台灣土伏苓															0.07		0.01	0.01	0.01
26菰屬														0.01				0.01	
27山柎														0.3					
28銳葉伶木																		0.15	0.24
29薄葉伶木																	0.14	0.02	
30疏花伶木														0.22		0.03		0.06	
31日本山桂花															0.03		0.02	0.01	0.01
32紅果金粟蘭																	0.01	0.01	0.01
33燈稱花															0.08	0.04	0.01	0.11	0.05
34九節木																0.01	0.22	0.18	0.01
35呂宋莢蒾																	0.01	0.04	0.05
36白匏子																	0.02		
37紅淡														0.04			0.19	0.35	0.22
38山紅柿															0.04	0.12	0.35	0.22	0.02
39台灣樹參																			0.03
40山羊耳															0.21	0.06			0.03
41奧氏虎皮楠														0.03	0.12	0.01		0.01	
42灰木															0.03	0.03		0.04	0.08
43樹杞															0.02	0.02	0.55	0.29	0.23
44大明桔																	0.01	0.02	0.1
45鹼草樹																		0.01	
46水金京														0.04			0.01	0.02	
47江棗																	0.01	0.01	0.07
48紅楠															0.01	0.35	0.26	0.19	0.44
49薯豆																0.05			
50野桐																0.02			

表四：四磺坪各植群帶之生活型及相對比值

植群帶 生活型	裸地區	低草區	高草區	灌叢區	森林區
	B	LH	HH	S	F
H	0.14	0.68	0.78	0.67	0.04
G	0.79	0.27	0.01		
Ch	0.07	0.05	0.05		
N			0.16	0.06	0.21
M				0.25	0.69
V				0.02	0.06

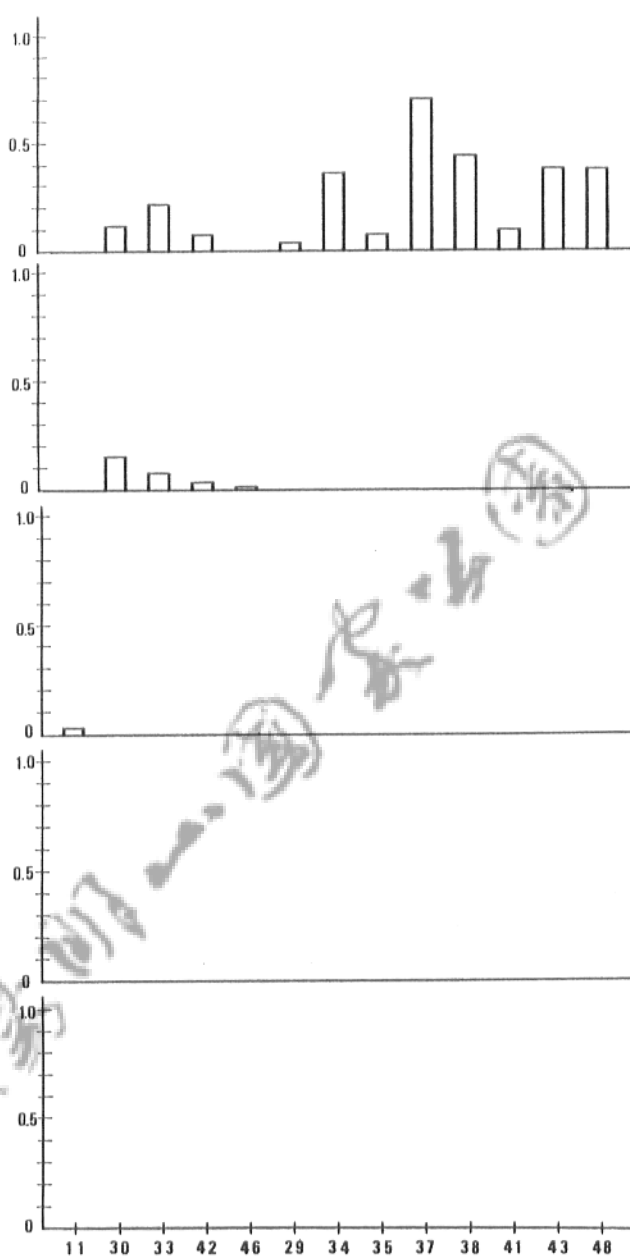
M：小喬木
N：灌木植物
Ch：地表植物
H：半地中植物
G：土中植物
V：藤本植物

綜合樣區（表五），做相對差異性指數評估（表六），並進行群團分析，採用 crenoid 于權重法得圖十六，樣區代號 1-5 屬裸地區，6-8 屬低草區，9-13 屬高草區，14-16 屬灌木區，17-19 屬森林區，基本上圖中所出現的五個群團與樣區所在之植群帶一致，同時各植群間的相異性變化亦循著演替序列的關係，亦即由裸地演變到低草，再由高草演變至灌叢而至森林。將各植群帶的優勢植物及植群變化繪成剖面圖（圖十七），可看出在噴氣孔植群演替之序列性。

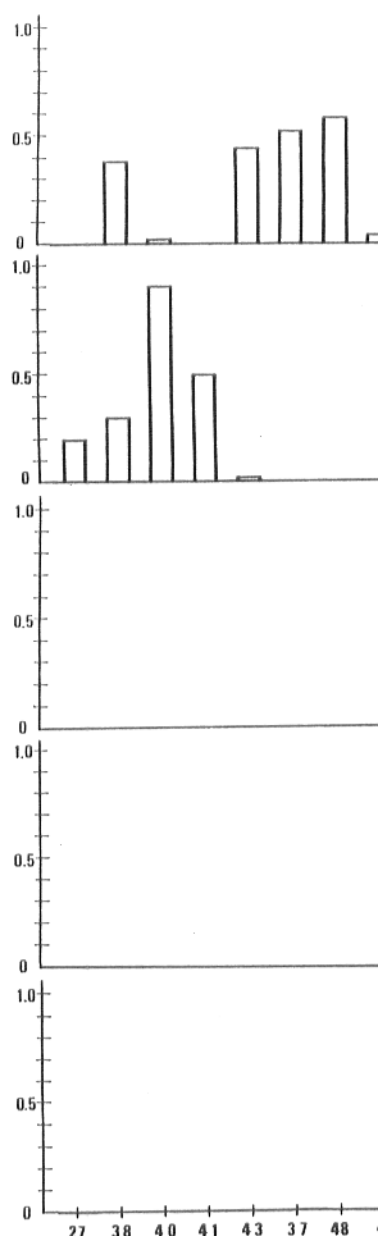
環境。在高草區中，代表灌木之野牡丹出現，而在灌木區已有先驅樹種——山山及先驅灌木——野牡丹出現，但因山山能迅速建立上層的遮蔽度，像山黃麻林，能加速演替之進行，但與山黃麻不同的是其為落葉喬木，且不成林，下層的灌木層較山黃麻林為豐富，如柃木、燈稱花、紅淡等。由植群組成可明顯看出大礮嘴與四礮坪的差異，事實上就地理位置，四礮坪應屬暖帶闊葉林而非亞熱帶雨林（章樂民1968），因此繼先驅喬木山山後有山羊耳，奧氏虎皮楠之過渡群叢出現，因為常綠喬木，使草本層的五節芒因上層遮蔽的增加而開始降低其優勢、至森林區，樹木層的優勢種為紅楠、山紅柿取代。因上層遮蔽度達 100 % 以上，使五節芒之優勢地位完全被耐陰性的草質藤本：拾壁龍所取代，同時優勢樹種的小苗及小喬木亦充份出現，顯示紅楠、山紅柿的社會已具有成熟、二林相的表象。再由灌木層的組成判斷其森林之成熟度、發現灌叢區的優勢種柃木及紅淡雖然仍占相當的優勢，但是其他灌木之充分出現，顯示灌木層已有相當的發育。

由各區植物之生活型變化，亦能充分表現植群演替特性（表四）。在裸地區以地中植物 (G) 為主，由於該地區為噴氣孔環境、受地熱及溫泉影響所致，故僅以耐熱的藻類為優勢。約距噴氣口 10-15m 處，則以半地中植物 (H) 及地表植物 (Ch) 為優勢；而約距噴氣口 40-50 米處，半地中 (H) 植物最為優勢，此時灌木 (N) 植物開始出現，及至灌木區 25 % 之植物為喬木 (M)，至於森林區則以喬木及灌木植物為主，草本植物雖然不多、但卻有藤本植物 (V)，由於生態地位 (nich) 之歧異度增加，此處森林結構朝向成熟林路邁進。

同時為了解各植群帶之歧異性及關係，將 51 個樣區整合為 19 個



灌木層

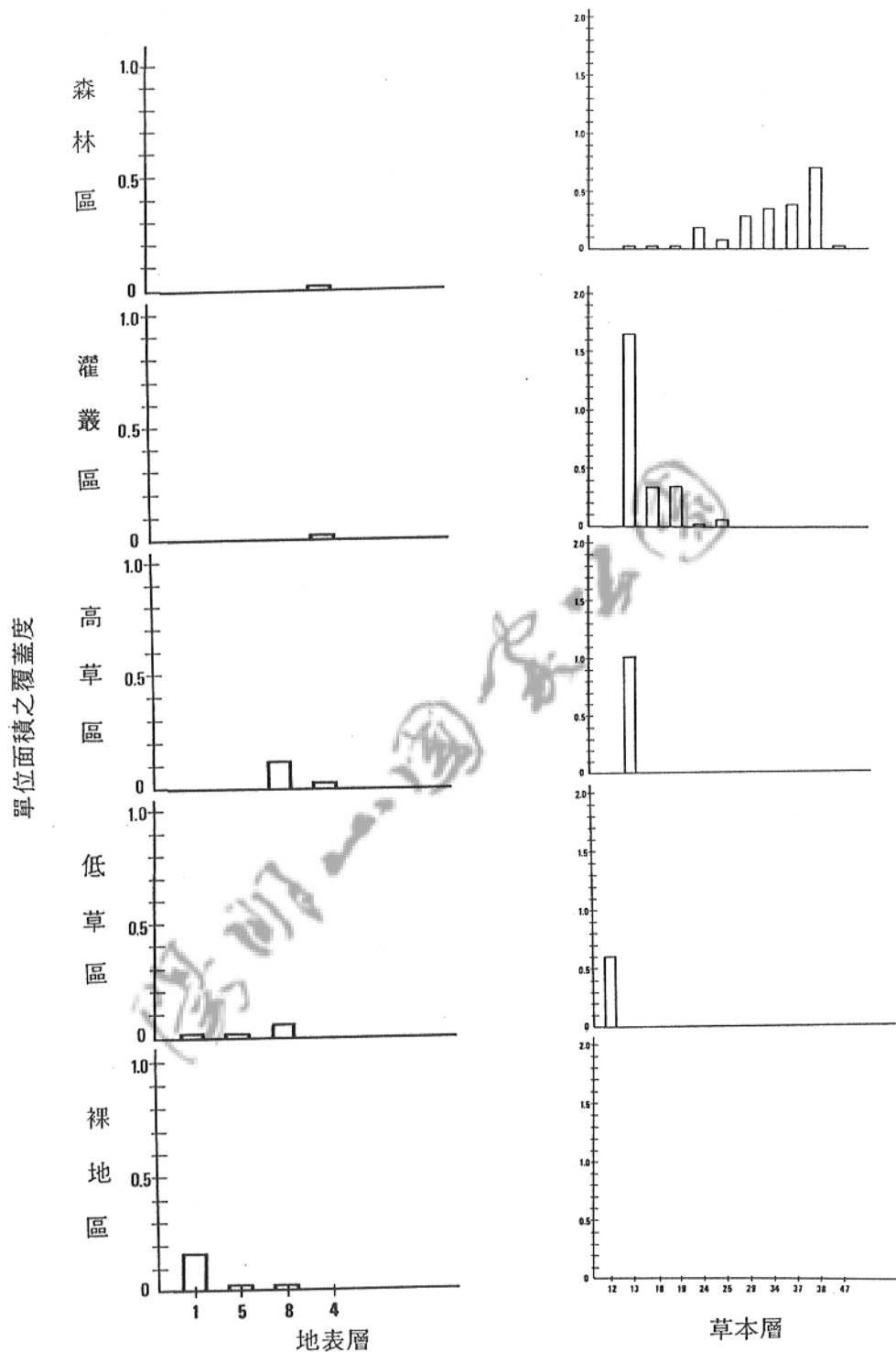


樹木層

圖十五： 四礫坪主要優勢植物在各植群區及各層次之分布圖(二)

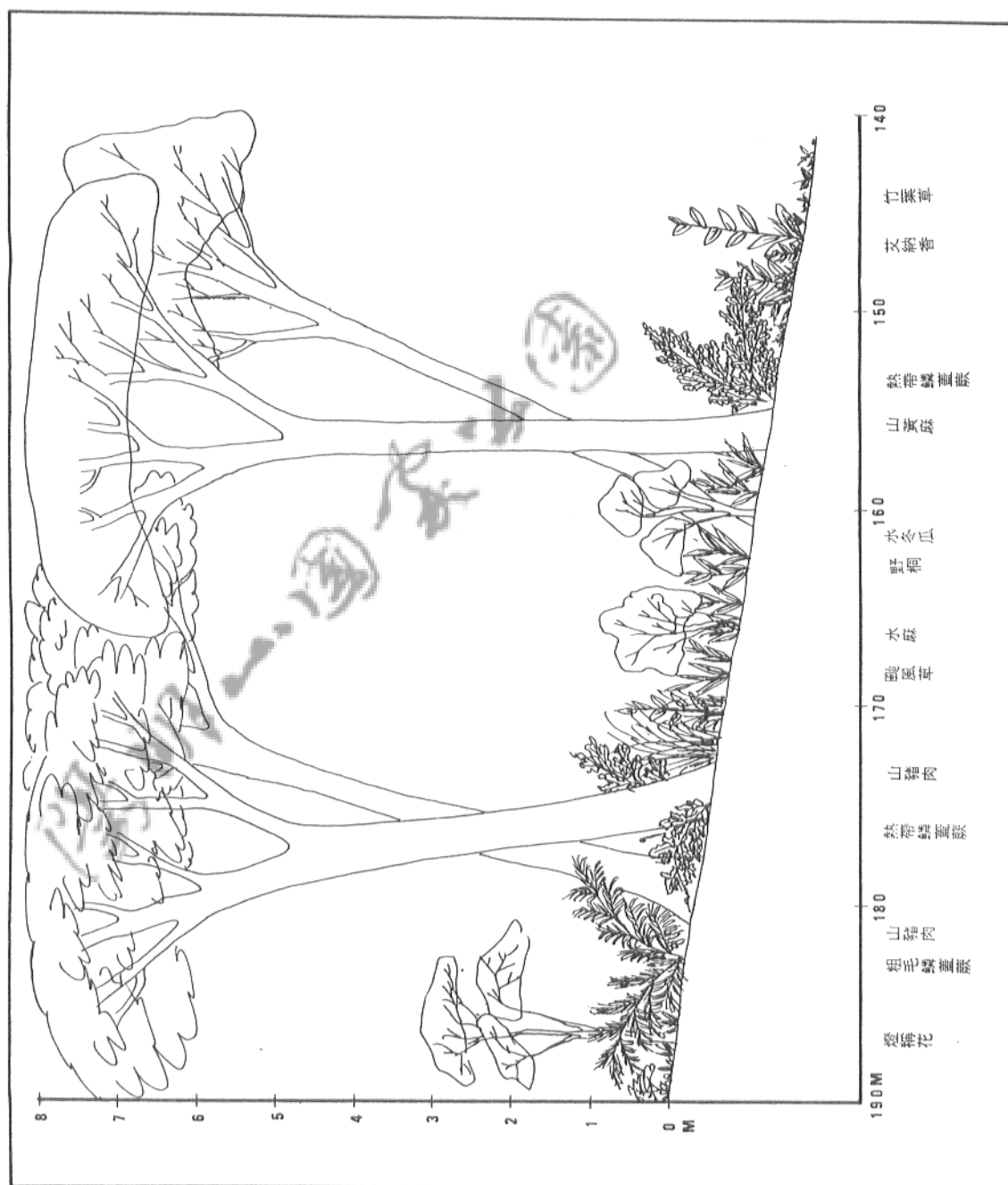
- 33.燈稱花
- 34.九節木
- 35.呂宋莢蒾
- 37.紅淡
- 38.山紅柿
- 40.山羊耳

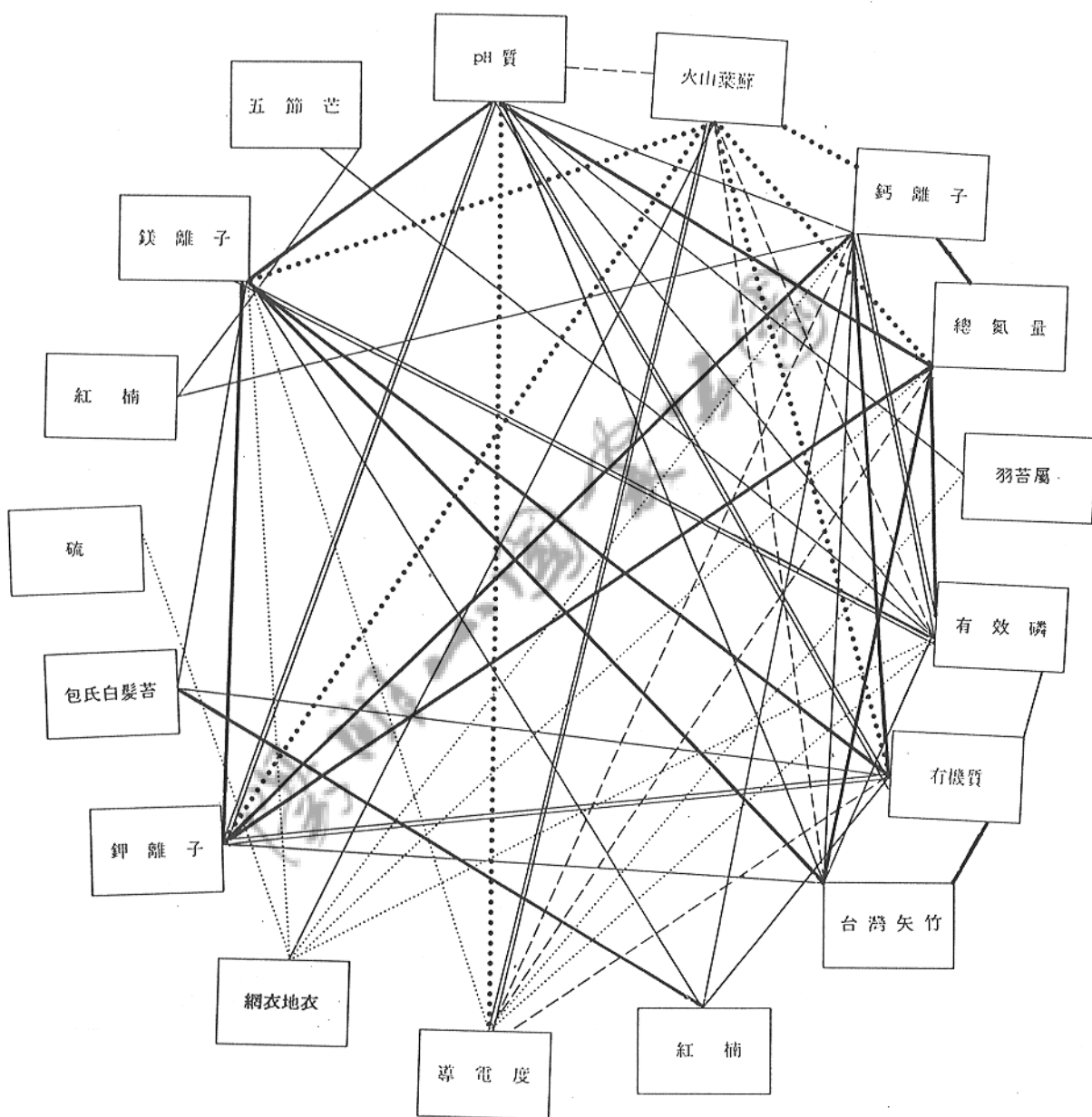
- 41.奧氏虎皮楠
- 42.灰木
- 43.樹杞
- 46.水金京
- 47.江某
- 48.紅楠



圖十四：四礫坪主要優勢植物在各植群區及各層次之分布頻度圖(一)

- | | | | |
|---------|---------|-----------|----------|
| 1. 聚球藻屬 | 11. 野牡丹 | 19. 芒萁 | 29. 薄葉柃木 |
| 4. 綠球藻屬 | 12. 台灣芒 | 24. 拾壁籠 | 30. 疏花柃木 |
| 5. 卵囊藻屬 | 13. 五節芒 | 25. 台灣土伏苓 | |
| 8. 葉蘚屬 | 18. 栗蕨 | 27. 山柃 | |





圖四十一：小油坑九項土壤因子與主要植物之關聯圖

—— 表 81-100 % 正相關 表 81-100 % 負相關
 —— 表 66-80 % 正相關 - - - - 表 66-80 % 負相關
 —— 表 50-65 % 正相關 表 50-65 % 負相關

表二十六：小油坑九項土壤因子與主要指物之相關性矩陣表 (Using Spearman's Rank Correlation)

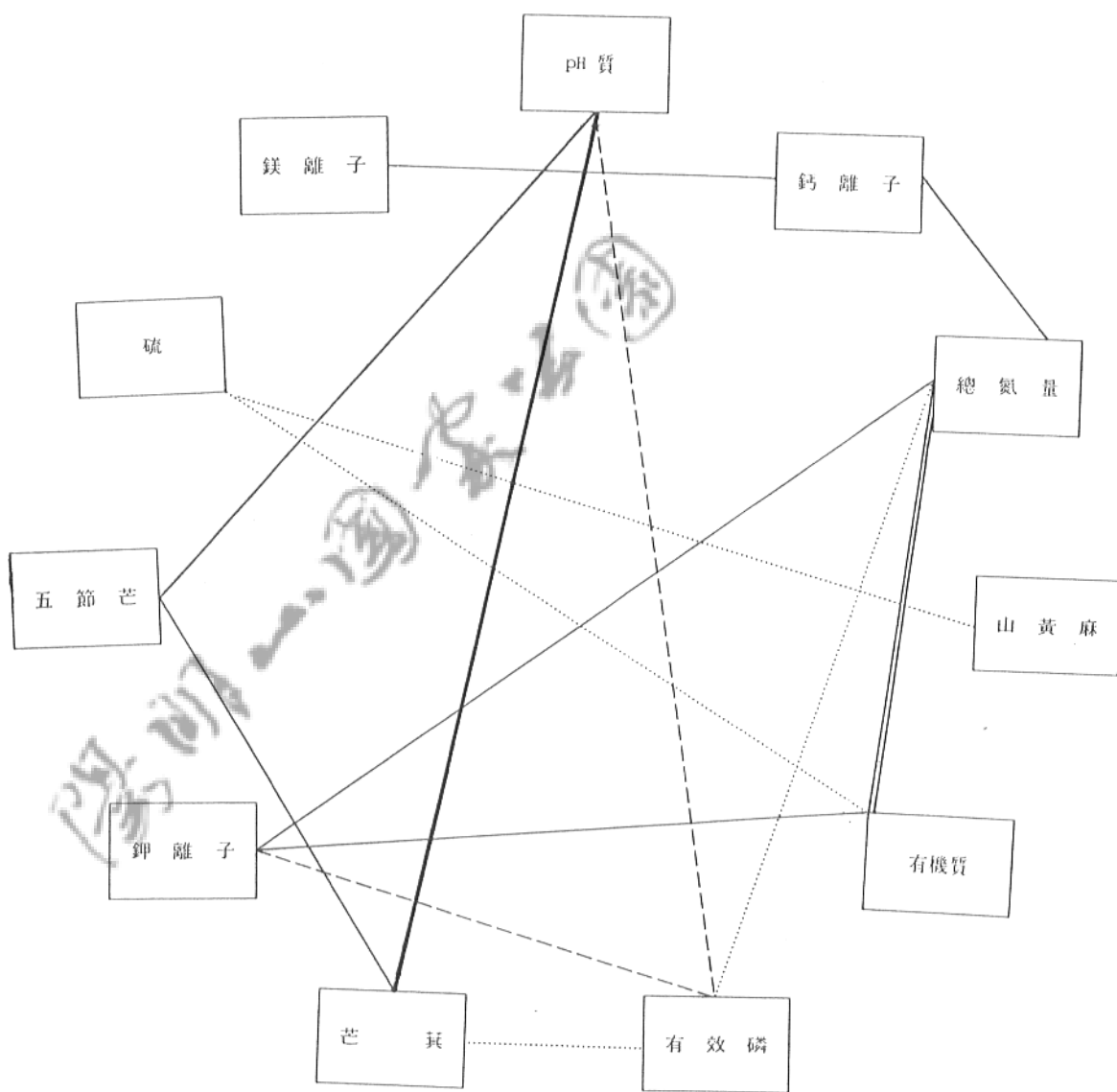
	en1	en2	en3	en4	en5	en6	en7	en8	en9	sp9	sp11	sp14	sp15	sp16	sp18	sp22	sp25
en1																	
en2	-0.918*																
en3	0.734*	-0.674*															
en4	0.911*	-0.786*	0.802*														
en5	0.646*	-0.661*	0.773*	0.679*													
en6	0.664*	-0.589*	0.908*	0.739*	0.804*												
en7	0.829*	-0.727*	0.836*	-0.876*	0.711*	0.796*											
en8	0.650*	-0.646*	0.741*	0.639*	0.857*	0.843*	0.621*										
en9	-0.132	0.093	-0.034	-0.121	-0.075	0.071	-0.128	0.00									
sp9	-0.133	0.229	-0.552*	-0.223	-0.501*	-0.592*	-0.201	-0.507*	-0.537*								
sp11	-0.798*	0.848*	-0.850*	-0.825*	-0.810*	-0.837*	-0.832*	-0.794*	0.027	0.543*							
sp12	0.592*	-0.549*	0.212	0.368	0.266	0.223	0.107	0.459	0.024	-0.153	-0.344						
sp13	0.260	-0.254	0.358	0.169	0.495	0.507*	0.503*	0.338	0.042	-0.153	-0.344	-0.153					
sp14	0.105	-0.263	0.226	0.110	0.528	0.301	0.341	0.518*	-0.186	-0.194	-0.436	-0.194	0.324				
sp16	0.518*	-0.470	0.740*	0.656*	0.530*	0.664*	0.706*	0.595*	-0.198	-0.308	-0.691*	0.027	-0.034	0.460			
sp20	0.251	-0.488	0.295	0.258	0.555*	0.179	0.334	0.253	-0.159	-0.195	-0.437	-0.195	0.22	0.614*	0.27		
sp25	0.440	-0.477	0.497	0.284	0.545*	0.536*	0.570*	0.435	-0.188	-0.194	0.436	0.393	0.716*	0.164	-0.174	0.086	

sp9：網衣地衣 sp11：火山葉蘚 sp12：羽苔屬 sp13：包氏白髮苔 sp14：台灣芒 sp16：台灣矢竹 sp20： sp22：紅楠
en1：pH 值 en2：導電度 en3：總氮量 en4：鉀離子含量 en5：鈣離子含量 en6：鎂離子含量 en7：有機質含量 en8：有效磷含量 en9：銣含量

山黃麻的出現並未顯現土壤化育之顯著相關性，而就植被結構而言，山黃麻出現的社會已具發育為森林的潛力，土壤 pH 值偏弱酸性，有機質亦高，可能與取樣不足有關。而土壤間的關係亦顯示有機質與總氮及鉀離子之正相關性，與上述結果一致。

d. 小油坑：

小油坑樣區植物經 Spearman's Rank Correlation 分析，所得 8 種植物因子之相關性矩陣表（表 二十六）。是以關聯圖方式顯示植物間及土壤因子間之相互關係（圖 四十一）。其中發現火山葉蘚能充份反應其所在裸地區環境、與導電度成正相關，與土壤 pH 值、鉀、鈣、鎂、總氮量，有效磷有機質成負相關，事實上這種苔蘚亦分佈在所調查的其他三個噴氣孔及曾經堪察的噴氣孔如冷水坑、中山樓、馬槽等地，充份顯示其對噴氣孔裸地區環境的專一性。同時此種火山葉蘚亦出現在日本火山硫磺泉地區（Vana, 1974; Takaki, 1958），分佈海拔甚至可達 200 公尺，對硫含量高的土壤具很強的耐性，甚至可在 pH=1.5 的環境生存，故可見為火山噴氣孔的指標植物。圖 四十二為火山葉蘚之解剖圖，雖然結構簡單，卻具有一套獨特的生存方式，根據野外調查時的觀察，火山葉蘚之生育地必須保持相當溼度、故常在冷卻溫泉附近生長，同時為避免溫泉的傷害，都以墊狀的生活型保護新芽，具有性生殖，但大多藉無性生殖方式拓展族群，若遇乾季或溫泉乾渴時，枯黃的葉狀體能待下個雨季重新生長。因此若能保持開放的生存空間，及維持土壤強酸的狀態，此需藉溫泉水與土壤硫之不斷作用，應可維持火山葉蘚優勢植群，然而在竹子湖發現若溫泉水被截流，及噴氣孔堵塞將使火山葉蘚的生育地遭受台灣芒的競爭，而減少其優勢度，甚而破壞生存空間，若站在保育的觀點，硫磺噴氣孔絕禁採礦、截取溫泉是保



圖四十：竹子湖八項土壤因子與主要植物之關聯圖

——— 表81-100 % 正相關 表81-100 % 負相關
 ——— 表66-80 % 正相關 - - - - 表66-80 % 負相關
 ——— 表50-65 % 正相關 表50-65 % 負相關

表二十五：竹子湖噴氣孔地區八項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表

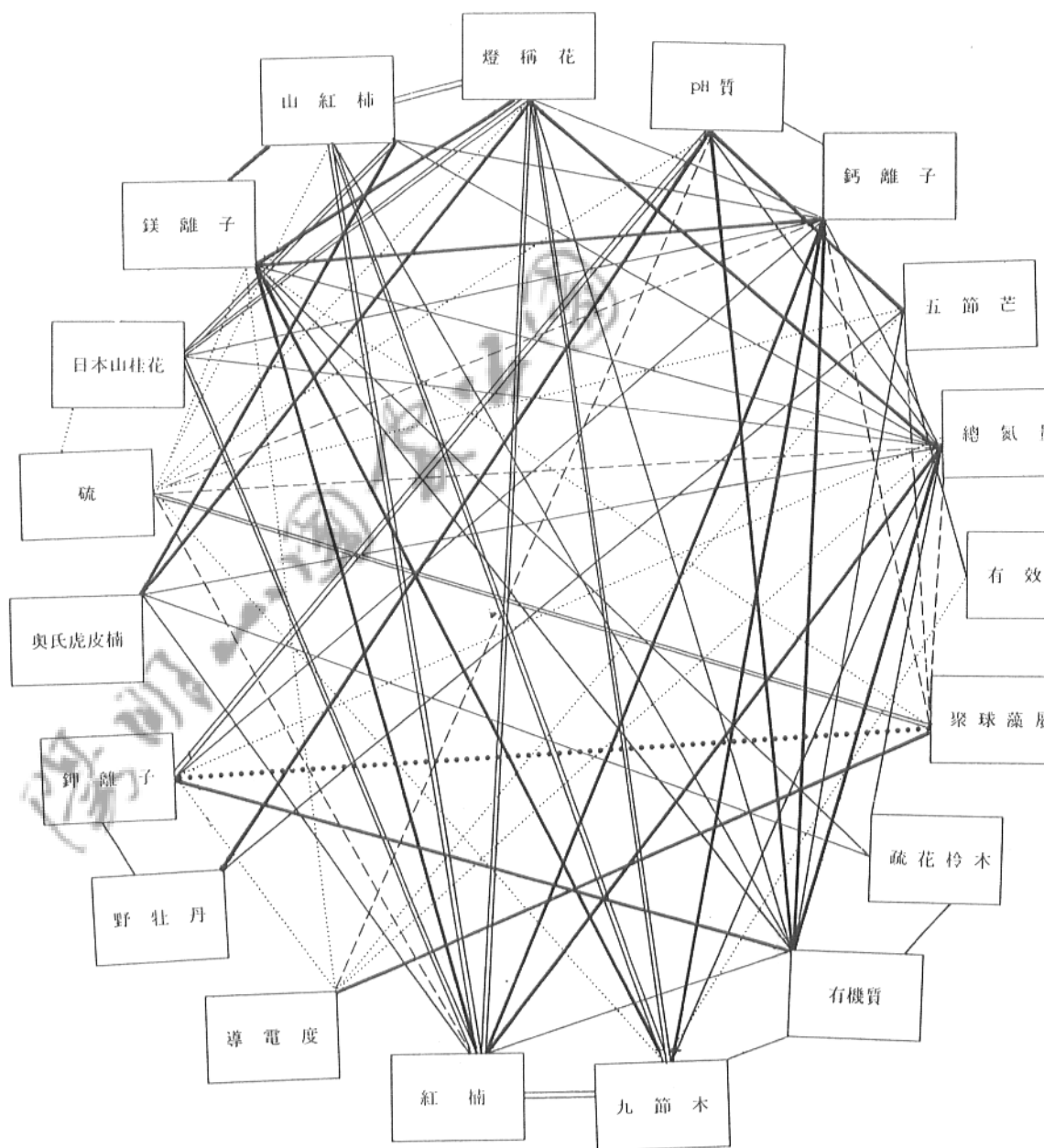
(by Spearman's Rank Correlations)

	en1	en2	en3	en4	en5	en6	en7	en8	en9	sp13	sp9	sp26
en1												
en2	—											
en3	0.288	—										
en4	0.622*	—	0.579*									
en5	-0.126	—	0.165*	-0.196								
en6	-0.137	—	0.438	0.315	0.616*							
en7	0.480	—	0.838*	0.616*	0.123	0.267						
en8	-0.701*	—	-0.531*	-0.767*	0.084	-0.112	-0.435					
en9	-0.252	—	-0.232	-0.196	-0.189	-0.091	-0.560*	-0.088				
sp13	0.757*	—	-0.063	0.441	-0.354	-0.121	0.046	-0.544*	0.258			
sp9	0.603*	—	0.290	0.216	0.116	0.117	0.450	-0.421	-0.033	0.636*		
sp26	0.054	—	-0.108	-0.462	0.371	-0.355	0.162	0.345	-0.650*	0.307	0.150	

sp 13: 芒萁 sp 9: 五節芒 sp26: 山黃麻

en1: pH 值 en2: 導電度 en3: 總氮量 en4: 鉀離子含量 en5: 鈣離子含量 en6: 鎂離子含量

en7: 有機質含量 en8: 有效磷含量 en9: 硫含量



圖三十九：四礫坪九項土壤因子與主要植物之關聯圖

—— 表 81-100 % 正相關 表 81-100 % 負相關
 —— 表 66-80 % 正相關 ----- 表 66-80 % 負相關
 —— 表 50-65 % 正相關 表 50-65 % 負相關

表二十四：四磺坪噴氣孔地區九項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表

(by Spearman's Rank Correlations)

	en1	en2	en3	en4	en5	en6	en7	en8	en9	sp1	sp11	sp13	sp30	sp31	sp33	sp34	sp38	sp41	sp48
en1																			
en2	-0.770*																		
en3	0.621*	-0.544*																	
en4	0.860*	-0.637*	-0.609*																
en5	0.639*	-0.458	0.595*	0.556*															
en6	0.460	-0.548*	0.644*	0.326	0.757*														
en7	0.708*	-0.477	0.778*	0.674*	0.801*	0.591*													
en8	0.368	-0.340	0.134	0.154	-0.182	-0.213	0.042												
en9	-0.640*	0.479	-0.776*	-0.496	-0.800*	-0.625*	-0.878*	0.072											
sp1	-0.889*	0.691*	-0.772*	-0.810*	-0.784*	-0.599*	-0.863*	-0.256	0.859*										
sp11	0.700*	-0.487	0.237	0.609*	0.331	0.069	0.323	0.208	-0.265	-0.484									
sp13	0.745*	-0.538*	0.484	0.778*	0.434	0.097	0.581*	0.614*	-0.575*	-0.802*	0.553*								
sp30	0.282	-0.200	0.624*	0.370	0.345	0.519*	0.575*	0.006	-0.375	-0.354	-0.254	0.003							
sp31	0.320	-0.389	0.533*	0.139	0.503*	0.612*	0.370	-0.273	-0.572*	-0.421	0.168	0.028	0.092						
sp33	0.291	-0.351	0.699*	0.232	0.638*	0.734*	0.563*	-0.321	-0.643*	-0.484	0.050	0.024	0.393	0.870*					
sp34	0.273	-0.210	0.598*	0.233	0.694*	0.695*	0.629*	-0.572*	-0.608*	-0.421	0.194	-0.061	0.427	0.661*	0.811*				
sp38	0.416	-0.335	0.566*	0.243	0.551*	0.669*	0.560*	-0.331	-0.576*	-0.484	0.097	0.024	0.389	0.846*	0.962*	0.892*			
sp41	0.158	-0.228	0.597*	0.228	0.373	0.490	0.400	-0.033	-0.402	-0.355	-0.254	0.044	0.519*	0.524*	0.781*	0.425	0.706*		
sp48	0.270	-0.333	0.686*	0.237	0.684*	0.752*	0.603*	-0.402	-0.660*	-0.484	0.144	0.046	0.352	0.820*	0.956*	0.894*	0.962*	0.637*	

SP 1: 聚球藻 SP11: 野牡丹 SP13: 五節芒 SP30: 疏花鈴木 SP31: 日本山桂花 SP33: 燈籠花 SP38: 山紅柿 SP34: 九節木 SP41: 奧氏虎皮楠 SP48: 紅楠
 en1: pH 值 en2: 導電度 en3: 總氮量 en4: 鉀離子含量 en5: 鈣離子含量 en6: 鎂離子含量 en7: 有機質含量 en8: 有效磷含量 en9: 硫含量

10種植物與土壤因子之相關性矩陣表（表二十四）並以關聯圖方式顯示植物間及土壤因子間之相互關係（圖三十九）。其中發現藍綠藻門：聚球藻與 pH 值成 88.9% 之負相關、與硫亦達 85.9% 之正相關，同時分佈於有機質及鉀離子甚低之裸地區，對硫磺噴氣孔的特殊環境甚具指標性，因而推測此藻應為火山地區之特有植物。此圖亦顯示五節芒的分佈與鉀離子 pH 值成正相關，依此結果，則台灣芒與五節芒的生態地位（nich）似乎可借此二種因子加以區分，因台灣芒所分佈的地區以噴氣孔附近，強酸土質，鉀離子含量少的環境為主，而五節芒甚至可在土壤化育良好的灌叢區仍達 100% 的覆蓋度。與上述結果矛盾者是燈籠花的分佈與硫呈負相關，同時與森林的優勢樹種：紅楠、山紅柿、九節木達 81% 以上之正相關、故燈籠花實則對土壤的硫不具指標性，同時以其分佈的優勢看來，應為次生林下的代表灌木。而日本山桂花與燈籠花及紅楠之高正相關亦顯示其為該次生林下的代表小灌木。同時該次生林的優勢種與土壤中鎂、總氮、鈣、有機質達 50% 以上之相關性，充分顯示其對森林土壤化育之關係 此外土壤各因子間的關係亦可由此圖看出：有機質與總氮量的高度正相關、且與鉀、鈣離子亦關係密切，支持上述結果，顯示有機質對土壤化育之貢獻，而植物則是提供有機質的主要來源，足證植群演替的推動，植物與土壤相互作用占有相當之重要性。

c. 竹子湖：

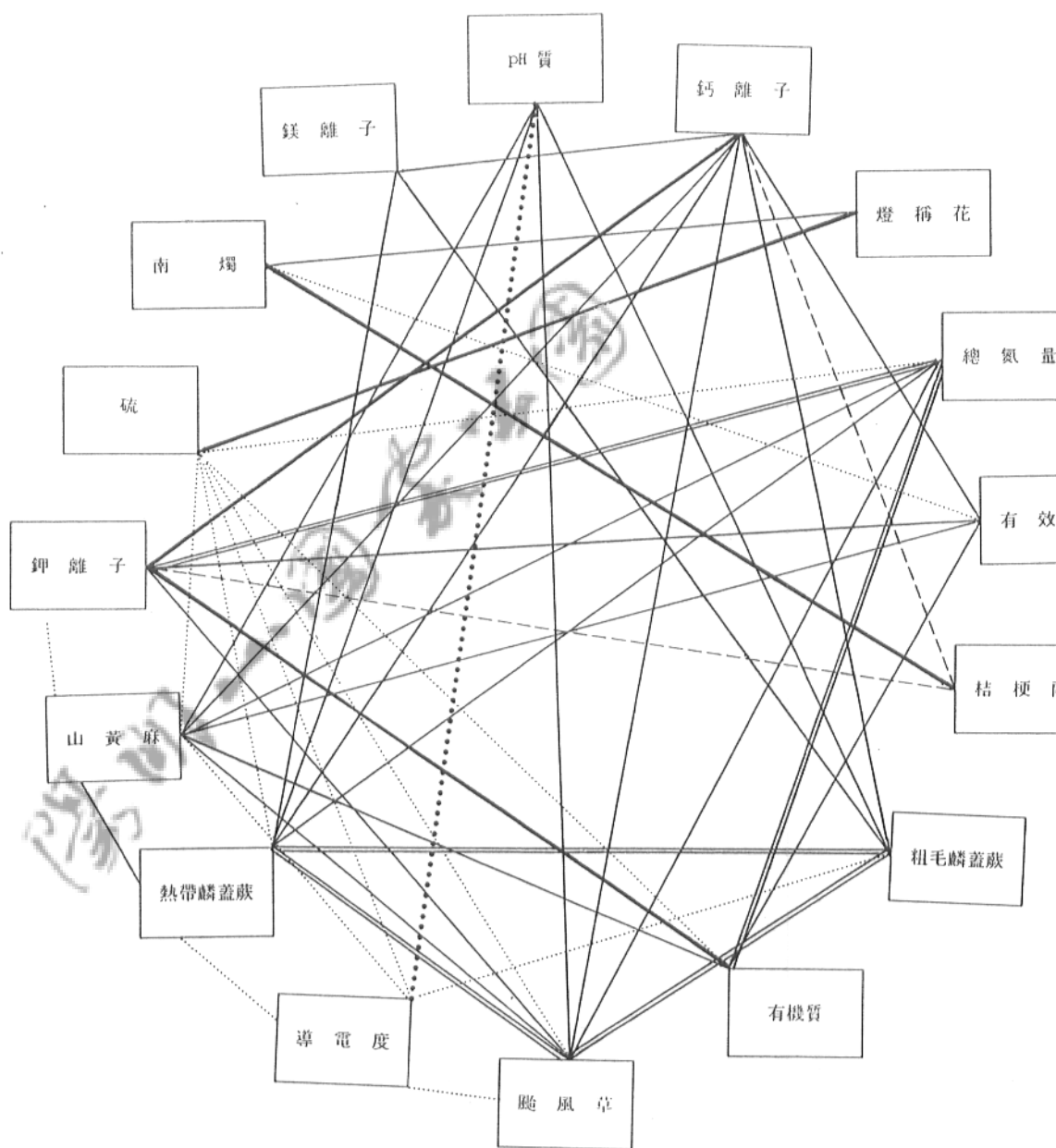
竹子湖樣區植物經 Spearman's Rank Correlation 分析，所得 3 種植物與土壤因子之相關性矩陣表（表 二十五）。並以關聯圖方式顯示植物間及土壤因子間之相互關係（圖 四十）。五節芒的分佈與 pH 值變化成正比，芒莖亦是，故二者的出現常成一致性，

低、光線充足的環境。雖然南燭自日據以來被多位學者視為硫磺地區北降植物之一，但因未對土壤環境因子具較強的指標性，僅對有效磷達62.5%之負相關，而對硫磺噴氣孔之強酸性、高硫含量及高導電度的特殊環境未顯示其指標性或專一性，因此不能視為火山植物，至於造成南燭生育地的北降，可能是該地區環境的補償效應，使南燭得以生存。Kato(1986)研究硫磺地杜楸花科白珠樹屬(*Gaultheria adenothrix*) 生育地下降之原因，主要在於該植物能利用硫磺區開放生育地，在強酸的環境下，亦能有效利用光源，充份行光合作用而得以適存。由此推知一般所謂在陽明山火山地區之硫磺泉植群實則是一群能充份利用硫磺地區特殊環境而得以適存的植物，但主要仍分佈在其他生育地。

此外，圖三十八顯現山黃麻與鈣、總氮、有效磷達50%以上之正相關，顯示山黃麻出現的土壤環境，已具相當的化育。而熱帶鱗蓋蕨、粗毛鱗蓋蕨、颱風草彼此高達80%以上正相關，顯現此三種互為伴生種，而其出現的土壤環境，與鎂、鈣、總氮亦有85%以上之正相關，顯示與山黃麻所在的土壤相當，並由陽離子的化育增加看來土壤的化育仍在進行，事實上由植群變化看來，山黃麻為先驅樹種，當上層遮蔽度增加，草本層的歧異度亦隨之增高，其中以熱帶鱗蓋蕨、粗毛鱗蓋蕨、颱風草為主，因此植被與土壤化育之關係密切亦可獲得支持。然而此關聯圖亦顯示土壤環境因子彼此間的關係，一如前面土壤結果所得，pH值與導電度的負相關性，及有機質與總氮量之高度正相關，同時支持有機質亦為供給陽離子之主要來源。

b. 四磺坪：

四磺坪樣區植物經Spearman's Rank Correlation 分析，所得



圖三十八：大磺嘴九項土壤因子與主要植物之關聯圖

===== 表81-100 % 正相關 表81-100 % 負相關
 ————— 表66-80 % 正相關 - - - - 表66-80 % 負相關
 —— 表50-65 % 正相關 表50-65 % 負相關

表二十三：大橫峭地區九項土壤因子與主要植物之相關性矩陣表

(by Spearman's Rank Correlations)

	en1	en2	en3	en4	en5	en6	en7	en8	en9	sp12	sp16	sp27	sp17	sp19	sp20	sp21
en1																
en2	-0.878*															
en3	0.239	-0.27														
en4	0.334	-0.189	0.834*													
en5	0.204	-0.098	0.473	0.693*												
en6	0.196	0.084	0.186	0.463	0.596*											
en7	0.105	-0.091	0.854*	0.732*	0.445	0.302										
en8	-0.19	0.090	0.495	0.637*	0.636*	0.295	0.509*									
en9	-0.35	0.546*	-0.566*	-0.421	-0.488	0.088	-0.269	0.375								
sp12	0.001	0.015	-0.446	-0.660*	-0.769*	-0.352	-0.421	-0.606*	0.292							
sp16	0.609*	-0.635*	0.531*	0.598*	0.632*	0.515*	0.446	0.391	-0.586*	-0.450						
sp27	0.533*	-0.530*	0.399	0.474	0.533*	0.533*	0.252	0.171	-0.497	-0.358	0.834*					
sp17	0.610*	-0.630*	0.515*	0.610*	0.635*	0.510*	0.423	0.365	-0.576*	-0.451	0.922*	0.817*				
sp19	0.017	0.249	-0.275	-0.171	-0.324	0.122	-0.110	-0.465	0.721*	0.380	-0.318	-0.253	-0.319			
sp20	0.035	0.084	-0.430	-0.441	-0.458	0.049	-0.298	-0.625*	0.310	0.750*	-0.264	-0.139	-0.248	0.576*		
sp21	0.554*	-0.547*	0.546*	0.548*	0.519*	0.054	0.510*	0.566*	-0.609*	-0.45	0.562*	0.295	0.519*	-0.318	-0.416	

sp12：桔梗蘭 sp16：熱帶鱗蓋蕨 sp27：粗毛鱗蓋蕨 sp17：鵝風草 sp19：燈稱花 sp20：南燭 sp21：山黃麻
en1：pH 值 en2：導電度 en3：總氮量 en4：鉀離子含量 en5：鈣離子含量 en6：鎂離子含量 en7：有機質含量 en8：有效磷含量 en9：硫含量

已達森林區之弱酸性，而鉀離子亦有高含量可看出。推測取樣時高草區為經常干擾區，故 pH 值，鉀離子無法反應植群變化曲線，然而鈣、鎂則仍保留與植群變化之顯著相關，可見鈣、鎂離子對植群演替具顯著敏感性。以此推論竹子湖與小油坑鎂離子之顯著相關所顯示的意義，應是陽離子能充分顯現植群之序列變化，其中鎂離子的變化最為敏感，鈣離子次之，鉀離子最後。

總之土壤因素理論上雖能反應植群變化，但因參與植物與土壤相互關係的因子複雜，欲以某一處的環境影響因子或指標性因子加諸其他相似的環境常常是枉然的，然而若討論何者因子具有效應及穩定性，依本結果認為應屬 pH 值及陽離子。

(2). 主要植物與土壤因子之相互關係及關連圖：

因硫磺噴氣孔之環境特殊，而土壤又已證明能充分反應當地植群演替之序列變化，故將植物與土壤因子進一步以直接梯度法“Spearman's Rank Correlation”試圖找出具有指標性的植物，同時將植物間的關係與土壤因子間之相互關係具體呈現出來。

a. 大磺嘴：

以 Spearman's Rank Correlation 分析大磺嘴 19 個樣區所有植物與 9 項土壤因子（表二十三），得到 7 種與土壤因子顯著相關之種類，並將 9 項土壤因子表列為一相關性矩陣表。為了顯示各項之相關性，特以關聯圖示之（圖三十八）。圖中實線表正相關，虛線表負相關，同時參考 Agnew (1961) 依不同相關程度而區分之。其中發現燈稱花與硫達 72% 之正相關，推測燈稱花能忍受高含量的硫；桔梗蘭與鈣離子達 76.9% 之負相關，與鉀離子亦達 66% 之負相關，故桔梗蘭能適應土質較貧瘠的草叢區及灌叢區，並與南燭的出現達 75% 之正相關，顯示這二種應互為伴生種，主要分佈在遮蔽度

完整，包括裸地區，草叢區，灌叢區，山黃麻先驅林及山黃麻及山豬肉混生闊葉林。因此土壤多項因子均能充份反應植群演替之序列變化性，尤其植物生長所需之主要元素：鉀、鈣、鎂，以及參與土壤相互作用最密切之總氮量，然而有90%之氮源的有機質不見其顯著性，可能在於有機質本身即為一綜合值，且隨著土壤微生物種類數量及植物的代謝量而有不同之分解速率，受較多變因所控制，因此不若以植物可直接吸收之營養源為具代表性。反觀 pH 值亦為一綜合值，卻具相當高的相關性，主要在於影響土壤 pH 值者正為陽離子與陰離子之交互變化，陽離子中的鉀，鈣，鎂已證明具有顯著影響水準，使 pH 值顯著意義提高。然而導電度、硫、有效磷不具顯著相關，原因在於噴氣孔特殊地質及地形造成鹽類堆積，導電度陡昇及硫磺結晶作用受噴氣孔分布及採礦影響，二者變化較難與植群變化顯現相關，但並非證明這二項因子對植群之演替不具影響力，事實上，硫與導電度 (Kennedy et al 1988) (Yshioka, 1968) 及土壤高溫正是限制植物生長之主要因子之一，只是因植物本身亦具有極強的耐性，因此植物的演替序列常常是以漸進的方式，而環境因子則除了反應生物的序列變化外，亦常受物理的因子，如大氣候，地形，地質等各別差異而有特殊顯著之變化。磷一般在強酸性土壤中會與 Al, Fe 作用為磷酸鹽類，阻礙植物的吸收 (張仲民, 1980)，而造成限制因子，故可能成為小油坑植群演替之影響因子。

如由大磺嘴的結果推論其他三個噴氣孔，在基本環境因子相似情況下，應有相似的結果，然而由表 15 可看出四個噴氣孔的土壤各項因子與植群變化的相關性各有不同，四磺坪之植群相雖完整、但至今仍受採礦的干擾、有些土壤雖已化育良好，但一再受到干擾、其植群卻仍停留在演替早期，此由圖 二十七, 二十八, 高草區 pH

表二十二：

四個噴氣孔所取植物社會樣區之主成份分析 (PCA) 第一軸與土壤各項因子之複相關係數矩陣表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
紗帽山噴氣孔	0.718*	0.062	0.433	0.603*	0.766*	0.658*	0.096	0.135	0.154
四 礮 坪	0.182	0.085	0.481	0.027	0.677*	0.853*	0.274	0.046	0.230
竹 子 湖	0.028	—	0.016	0.066	0.130	0.894*	0.004	0.144	0.048
小 油 坑	0.117	0.200	0.314	0.077	0.334	0.704*	0.338	0.804*	0.081

註：* 表示顯著水準達 $P = 0.01$ ，環境因子代號如下：1. pH，2. 導電度，3. 總氮量，4. 鉀離子量，5. 鈣離子含量，6. 鎂離子含量，7. 有機質含量，8. 有效磷含量，9. 二氧化硫含量

表二十一：四個噴氣孔土壤因子與樣區在PCA軸一之複相關回歸方程式

大磺嘴植被經主成份分析其第一軸與土壤各項因子之回歸方程式

Regression Equation: Intercept and Partial Regression Coefficients
for PRINCIPAL COMPONENT # 1

$$Y(1) = 1.45 + -0.345 * X(1) + -0.000 * X(2) + -3.031 * X(3) + 0.030 * X(4) + -0.013 * X(5) + -0.024 * X(6) + 0.060 * X(7) + -0.034 * X(8) + -0.050 * X(9)$$

2

Coefficient of Multiple Determination: $R = 0.987$

F Ratio = 78.129 (df = 9, 9)

四磺坪植被經主成份分析其第一軸與土壤各項因子之回歸方程式

Regression Equation: Intercept and Partial Regression Coefficients
for PRINCIPAL COMPONENT # 1

$$Y(1) = 2.08 + -0.532 * X(1) + -0.000 * X(2) + -0.854 * X(3) + 0.069 * X(4) + -0.019 * X(5) + -0.196 * X(6) + 0.070 * X(7) + -0.016 * X(8) + 0.211 * X(9)$$

2

Coefficient of Multiple Determination: $R = 0.959$

F Ratio = 23.322 (df = 9, 9)

竹子湖植被經主成份分析其第一軸與土壤各項因子之回歸方程式

Regression Equation: Intercept and Partial Regression Coefficients
for PRINCIPAL COMPONENT # 1

$$Y(1) = -1.33 + 0.474 * X(1) + 0.040 * X(2) + -0.087 * X(3) + 1.759 * X(4) + -0.075 * X(5) + -0.058 * X(6) + 0.481 * X(7) + -0.042 * X(8)$$

2

Coefficient of Multiple Determination: $R = 0.995$

F Ratio = 80.935 (df = 8, 3)

小油坑植被經主成份分析其第一軸與土壤各項因子之回歸方程式

Regression Equation: Intercept and Partial Regression Coefficients
for PRINCIPAL COMPONENT # 1

$$Y(1) = -3.47 + 0.783 * X(1) + 0.001 * X(2) + -2.652 * X(3) + -0.279 * X(4) + 0.055 * X(5) + 1.214 * X(6) + 0.101 * X(7) + -0.193 * X(8) + -0.201 * X(9)$$

2

Coefficient of Multiple Determination: $R = 0.931$

F Ratio = 7.499 (df = 9, 5)

表二十：四個噴氣孔綜合樣區之主成份分數與土壤因子之多變回歸分析(二)

竹子湖樣區之主成份分數與九項土壤因子之多變線性回歸分析							
		----Regression----		Standard			
COMPARISON		Coefficients		2	Error of	t	
[PC]	[EF]	(Bo)	(B1)	R	(B1)	Statistic	df
1	1	-0.522	0.191	0.028	0.355	0.537	10
1	2	0.251	-0.219	0.048	0.308	-0.711	10
1	3	0.104	-0.018	0.004	0.089	-0.201	10
1	4	0.095	-0.372	0.016	0.934	-0.398	10
1	5	0.453	-0.066	0.066	0.078	-0.838	10
1	6	-0.896	0.092	0.130	0.075	1.221	10
1	7	-0.963	0.428	0.894	0.046	9.207*	10
1	8	-0.377	0.631	0.144	0.487	1.296	10
2	1	0.070	-0.021	0.001	0.278	-0.076	10
2	2	0.328	-0.311	0.163	0.223	-1.393	10
2	3	-0.071	0.018	0.007	0.069	0.267	10
2	4	-0.080	0.486	0.045	0.711	0.683	10
2	5	0.285	-0.042	0.046	0.061	-0.696	10
2	6	-0.609	0.062	0.098	0.059	1.041	10
2	7	0.059	-0.022	0.004	0.110	-0.197	10
2	8	0.160	-0.236	0.034	0.400	-0.592	10
-----PART III. MULTIPLE LINEAR REGRESSION-----							

小油坑樣區之主成份分數與九項土壤因子之多變線性回歸分析							
		----Regression----		Standard			
COMPARISON		Coefficients		2	Error of	t	
[PC]	[EF]	(Bo)	(B1)	R	(B1)	Statistic	df
1	1	-2.620	0.689	0.117	0.524	1.315	13
1	2	0.637	-0.002	0.200	0.001	-1.804	13
1	3	-0.458	1.312	0.314	0.538	2.439	13
1	4	-0.515	0.067	0.077	0.064	1.044	13
1	5	-1.180	0.115	0.334	0.045	2.555	13
1	6	-0.896	0.400	0.704	0.072	5.558*	13
1	7	-0.457	0.062	0.338	0.024	2.576	13
1	8	-0.550	0.153	0.804	0.021	7.311*	13
1	9	0.211	-0.392	0.081	0.366	-1.071	13
2	1	2.429	-0.638	0.148	0.424	-1.504	13
2	2	-0.583	0.002	0.246	0.001	2.062	13
2	3	0.297	-0.850	0.194	0.481	-1.767	13
2	4	0.656	-0.085	0.184	0.050	-1.715	13
2	5	0.527	-0.051	0.098	0.043	-1.186	13
2	6	0.268	-0.120	0.093	0.104	-1.152	13
2	7	0.283	-0.039	0.191	0.022	-1.750	13
2	8	0.113	-0.031	0.050	0.038	-0.829	13
2	9	-0.117	0.218	0.037	0.309	0.705	13
-----PART III. MULTIPLE LINEAR REGRESSION-----							

MULTIPLE LINEAR Regression of PRINCIPAL COMPONENT Coordinates
[PC] onto ENVIRONMENTAL FACTORS [EF]

* 表示顯著水準達 $p = 0.01$

表十九：四個噴氣孔綜合樣區之主成份分數與土壤因子之多變回歸分析(一)

		----Regression----		Standard			
COMPARISON		Coefficients		2	Error of	t	
[PC]	[EF]	(Bo)	(B1)	R	(B1)	Statistic	df
1	1	2.686	-0.873	0.718	0.133	-6.573*	17
1	2	-0.209	0.000	0.062	0.000	1.061	17
1	3	0.686	-3.087	0.433	0.857	-3.602*	17
1	4	0.743	-0.051	0.603	0.010	-5.086*	17
1	5	0.391	-0.016	0.766	0.002	-7.456*	17
1	6	0.863	-0.218	0.658	0.038	-5.721*	17
1	7	0.522	-0.069	0.096	0.051	-1.340	17
1	8	0.196	-0.081	0.135	0.050	-1.632	17
1	9	-0.350	0.254	0.154	0.144	1.760	17
2	1	-1.001	0.325	0.164	0.178	1.828	17
2	2	-0.009	0.000	0.000	0.000	0.058	17
2	3	0.385	-1.735	0.225	0.780	-2.224	17
2	4	-0.342	0.024	0.211	0.011	2.134	17
2	5	-0.167	0.007	0.230	0.003	2.256	17
2	6	-0.349	0.089	0.178	0.046	1.921	17
2	7	0.429	-0.057	0.107	0.040	-1.425	17
2	8	0.188	-0.078	0.207	0.037	-2.107	17
2	9	-0.017	0.012	0.001	0.122	0.102	17
-----PART III. MULTIPLE LINEAR REGRESSION-----							

		----Regression----		Standard			
COMPARISON		Coefficients		2	Error of	t	
[PC]	[EF]	(Bo)	(B1)	R	(B1)	Statistic	df
1	1	1.611	-0.486	0.182	0.250	-1.947	17
1	2	-0.129	0.000	0.085	0.000	1.260	17
1	3	0.597	-2.795	0.481	0.704	-3.967	17
1	4	0.265	-0.034	0.027	0.050	-0.689	17
1	5	1.834	-0.152	0.677	0.026	-5.965*	17
1	6	0.775	-0.226	0.853	0.023	-9.919*	17
1	7	0.238	-0.107	0.274	0.042	-2.530	17
1	8	-0.118	0.029	0.046	0.032	0.904	17
1	9	-0.363	0.409	0.230	0.181	2.255	17
2	1	1.408	-0.438	0.275	0.172	-2.542	17
2	2	-0.145	0.000	0.098	0.000	1.360	17
2	3	0.258	-1.414	0.229	0.629	-2.248	17
2	4	0.666	-0.092	0.364	0.030	-3.119	17
2	5	-0.123	0.007	0.002	0.033	0.200	17
2	6	-0.050	0.002	0.000	0.044	0.041	17
2	7	-0.006	-0.017	0.013	0.036	-0.468	17
2	8	0.281	-0.079	0.651	0.014	-5.633	17
2	9	-0.315	0.305	0.239	0.132	2.313	17
-----PART III. MULTIPLE LINEAR REGRESSION-----							

MULTIPLE LINEAR Regression of PRINCIPAL COMPONENT Coordinates
[PC] onto ENVIRONMENTAL FACTORS [EF]

* 表示顯著水準達 $p = 0.01$

表十八：四個噴氣孔綜合樣區在軸一及軸二之PCA(主成份分析)序列分數

地點	大磺嘴		四磺坪		竹子湖		小油坑	
樣區代號	軸一	軸二	軸一	軸二	軸一	軸二	軸一	軸二
1	0.189	0.008	0.43	0.29	-0.275	-0.087	-0.342	0.233
2	0.246	0.010	0.41	0.26	-0.295	-0.098	-0.199	0.070
3	0.199	0.008	0.39	0.23	-0.311	-0.126	-0.459	0.377
4	0.225	-0.006	0.42	0.29	-0.369	-0.204	-0.275	0.303
5	0.227	0.010	0.43	0.30	-0.284	-0.176	-0.329	0.223
6	0.212	0.009	0.52	0.41	-0.311	-0.143	-0.367	0.263
7	0.354	0.022	0.49	0.41	-0.070	-0.260	-0.500	0.425
8	0.354	0.015	0.54	0.53	-0.150	-0.350	0.176	-0.264
9	0.314	0.015	0.32	-0.062	-0.075	-0.744	-0.003	-0.118
10	0.375	0.026	0.32	-0.06	2.662	-0.086	-0.163	-0.118
11	0.373	0.007	0.40	-0.08	-0.063	1.856	-0.207	-0.195
12	0.379	0.017	0.37	-0.08	-0.145	0.527	1.949	0.128
13	0.335	0.015	0.44	-0.92			0.75	0.781
14	0.354	0.011	0.19	-1.24			0.23	-1.355
15	0.334	0.005	-0.24	-1.45			-0.261	-0.752
16	-0.021	-0.125	-0.37	-0.27				
17	0.033	-0.186	-1.36	-0.13				
18	-2.167	1.922	-1.63	-0.01				
19	-2.306	-1.783	-2.07	0.75				

林環境無異，顯示硫磺噴氣影響的範圍，將隨植群發育之成熟而退減，並且若無人為干擾，森林之形相的確向該盛行氣候下之極盛相演替。

3 植被與環境因子之相互作用：

(1). 土壤因子與植被之相互作用：

由上述土壤分析結果得知土壤因子與群的變化有密切的關係，據 Kagawa (1947)，Brotherson (1988) 及 Billing (1940) 等研究發現土壤因子與植群發育最相關，為了證明各項土壤因子與植群序列變化的相關程度，並顯示反應植群變化的土壤因子，乃利用主成份分析 (Principle Components Analysis, PCA)，求出樣區間的序列分佈 (表 十八)，並將軸一及軸二之序列分數分別與各土壤因子求相關，採用複相關回歸分析，求出軸一及軸二與各土壤因子之相關係數 (表 十九，二十)，發現反應植群變化的土壤因子與軸一關係密切，亦即軸一為主要反應植群變化的影響軸，而軸二則無生態的代表意義，而可能是由於 PCA 植群分析法本身數學運算所造成之拱形效應 (劉，蘇，1986；Ludwig，1988)。並將軸一之結果以複迴歸方程式表示 (表二十一)，由土壤各因子對植群變化的綜合效應結果，四區皆達90%以上的相關，充分支持土壤與植群發育相關之說。

表二十二為四個噴氣孔所取植物社會樣區之主成份分析第一軸與土壤各項因子之複相關係數矩陣表，顯示具有顯著代表四個噴氣孔植群變化的環境因子互有差異，大磺嘴之顯著環境因子包括pH值，總氮量及陽離子（鉀，鈣，鎂離子），而四磺坪則以鈣、鎂離子為顯著因子，竹子湖僅以鎂離子為顯著因子，小油坑則以鎂離子及有效磷為顯著因子，從植群組成變化的點，大磺嘴植群變化相最為

.,1981,1982 ;Wilson et al.,1985,1986.Horsman,1978,1979 等多位學者研究某些禾草長期暴露在二氧化硫之環境中，即使低濃度亦可能使族群發生歧異，甚而造成演化產生。到底這二種基本生理及外部構造相似的種類，其生態地位的界定為何，是極富趣味及挑戰的研究。

(4).四個噴口區之環境因子結論：

由土質、水質、氣體分析結果顯示本研究所調查之四個硫磺噴氣口除海拔緯度及地形的差異外，其環境因子並無顯著的不同，但海拔的高低緯度及地形的變化造成微氣候及雨量、風力的顯著不同，因而影響植被組成的歧異。基本上大磺嘴與台北近郊組成相似，屬低海拔之亞熱帶雨林。四磺坪緯度最高，受東北季風帶來豐沛雨量，屬暖溫帶闊葉林，竹子湖受七星山屏蔽，風雕效應較小，但雨量特別豐沛，植被介於大磺嘴與四磺坪之間，因此竹子湖雖然海拔較高，但受雨量及緯度之影響較為顯著。小油坑海拔最高，又位於風口，是典型之暖溫帶闊葉林，受風雕效應影響，森林僅分佈在山溝中，且矮小似灌叢。雖然大氣候因子是影響該四個噴氣孔植被的分佈重要因子，但植群的消長演替仍與該地區之土質、水質、氣體關係密切，因為硫磺噴氣孔造成特殊的氣體組成、地熱及溫泉，限制植物的分布；植物在此種惡劣的環境中生存，必與土質產生相互作用、這些都是成為探討火山噴氣孔植群演替不可或缺的主角 (Frenzen et al.,1988)。而事實上，由上述結果亦支持這三種因子控制了植物之演替變化。其中以溫泉在硫磺噴氣區扮演啓開植物演替為主要因子，而氣體限制該環境中適存的種類，待演替之進行，土壤化育加速，並隨植群的變遷產生歧異性，充分反應植群演替的序列性及漸進性。同時由噴氣孔地區森林環境分析結果發現與一般森

表十六：陽明山國家公園噴氣區溫泉水平均質

樣區	海拔 m	a. pH	a. 導電度 mhos/cm	a. 濁度	a. 硬度	a. 鈉離子 mg/l	a. 鉀離子 mg/l	a. 鈣離子 mg/l	a. 鎂離子 mg/l	a. 總鐵 mg/l	a. 總 mg/l	a. 二氧化碳 mg/l	a. 硫酸鹽 mg/l	a. 硝酸鹽 mg/l
大磺嘴	200	2.20	2970.00	40.50	186.00	4.00	0.65	89.50	5.68	15.84	0.13	164.25	69.00	0.73
四磺坪	300	2.58	3263.08	66.69	381.23	8.80	1.75	245.88	5.77	16.06	0.19	137.35	150.46	0.48
竹子湖	650	2.39	2500.00	16.00	120.20	4.67	0.23	99.40	3.11	9.81	0.16	182.40	70.00	0.57
小油坑	800	2.28	4532.50	36.32	403.52	7.85	2.18	263.19	3.72	15.98	0.15	212.50	162.17	0.65

a. 表平均質

表十七：陽明山國家公園噴氣孔地區氣體分析結果

項目 地點		CO ppm	H O mg/l	H S ppm	SO ppm
四 磺 坪	噴口裸地區	850	26	8	0.1
	裸地區—草叢區	700	22	2	0
	草叢區—灌叢區	1000	20	0	0
	灌叢區—森林區	800	22	0	0
大 磺 嘴	噴口裸地區	>3000	30	10	<0.1
竹 子 湖	噴口裸地區	800	22	60	<0.1
小 油 坑	噴口裸地區	1000	32	7	0.1

因此火山噴氣孔地區，一如沙漠或高山的寒原，初級演替的展開，少不了水的推動，而得以成長繁盛。表十六為四地區各項水質平均數，雖然此四個噴氣孔有海拔分佈的差異，但水質基本差異不大，如同前所討論的土壤分析結果一樣，顯示這四個地區的水質與土質狀況是相似的。

(3). 氣體分析：

表十七為四個噴氣孔之氣體分析結果。受地形風影響，各植群變化區中的氣體含量並無明顯的梯度差異，如四磺坪所示的結果，尤其二氧化硫含量原本已不高，遠離噴口僅 10m 即無法由儀器測得，硫化氫亦然，因此推測除噴口以外，植物受氣體的影響應不大，故其他噴氣孔之氣體分析僅針對噴口裸地區。由結果得知四個噴氣孔的氣體基本組成並無差異，然而受噴氣的強弱及可接近性影響，以致各噴氣氣體含量的高低並無法加以互相比較，但可供一般人在可接近的噴氣孔之範圍內，所置身的氣體成份及含量，一般而言，所列的結果在短期內並不會造成人類不適的反應（鄭福田，1988），但由植被在噴口裸地區顯現之生活型，主要由土中型看來，長期受氣體的影響下，將會造成植物生長之限制因子（森隆也，1927）。特別二氧化硫會堆積在高等植物之氣孔，阻礙氣孔（Unsworth, 1972; Biscoe, 1973）及蒸散作用造成光合作用無法進行（Steubing et al., 1987; Bytnerowicz et al., 1983），甚至抑制植物行有性生長（Dubay et al., 1983; Murgatroyd et al., 1980; Baker et al., 1982; Katase et al., 1983），而靠近裸地區的植群是以台灣芒單純社會，因屬 C₃ 植物，固碳的作用與光合作用分開進行（Noggle 1983），藉著提高光合作用的效率，故能忍受硫磺噴氣的傷害。繼台灣芒社會後仍以 C₃ 植物為優勢，即為五節芒社會，據 Ayazloo et al

表十五：陽明山國家公園溫泉水質分析結果

小油坑

	sample	date	pH	cond.	turb.	hard.	K ⁺ ppm	Mn ⁴⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Al ³⁺ ppm	T.Fe ppm	T.Cl ppm	CO ₂ ppm	SO ₄ ²⁻ ppm	PO ₄ ³⁻ ppm
1	1988.11	2.14	5800	72	-	3.4	1.25	16	1.50	72.80	-	459	440	0	
2		3.02	730	7	17	2.8	3.90	11	0.90	5.50	-	33	86	0	
1	1988.12	1.90	8500	17	130	2.7	1.60	18	0.69	13.20	0.07	640	550	2.76	
2		2.80	1290	24	97	4.4	0.45	43	1.80	4.40	0.17	68	196	0.40	
1	1989.01	2.22	3650	92	61	2.1	1.30	38	6.88	47.60	0.48	201	42	0.53	
2		2.72	1020	10	56	2.2	0.55	25	2.80	1.64	0.13	48	16	0.21	
1	1989.02	2.17	5200	35	666	15.0	1.70	433	3.00	5.50	0.05	157	130	0.64	
2		2.39	4400	17	849	13.5	3.20	550	7.60	16.00	0.27	154	140	0.17	
B		2.18	4800	32	633	14.1	1.70	420	7.00	5.40	0.13	144	130	1.00	
1	1989.03	2.22	6500	16	1030	9.6	6.40	652	4.14	6.80	0.29	136	75	0.54	
2		1.92	5000	42	540	14.4	2.00	387	3.18	5.52	0.05	188	70	0.74	
1	1989.05	1.64	7500	72	763	10.0	2.10	565	5.13	7.44	0.14	323	71	0.85	

四磺坪

1	1988.11	2.75	2650	13	555	16.8	1.70	370	1.32	1.24	-	68	75	0	
2		2.76	2500	15	577	16.0	1.60	290	2.96	1.46	-	60	74	0	
1	1988.12	2.55	4950	78	652	17.2	1.25	459	1.06	2.88	0.14	143	240	0.52	
2		2.40	4800	118	674	17.4	1.55	475	4.00	1.60	0.27	134	230	0.41	
1	1989.01	2.52	4600	85	904	14.6	6.00	632	5.64	13.10	0.33	171	256	0.74	
2		2.50	4700	11	883	16.0	6.90	649	5.34	22.80	0.31	177	260	0.66	
1	1989.02	2.92	3700	220	84	2.6	0.60	50	9.60	51.20	0.13	212	252	0.48	
2		3.13	550	4	17	1.9	0.10	8	0.96	3.00	0.03	2	53	0.05	
B		2.35	3800	40	231	3.2	1.25	63	32.00	87.20	0.40	276	260	0.63	
1	1989.03	2.06	4700	180	127	2.4	0	24	3.42	4.84	0.07	157	76	1.18	
2		3.08	600	5	61	2.2	0.20	18	1.88	3.20	0.05	22	58	0.15	
1	1989.05	1.94	4300	93	170	2.2	1.45	140	5.22	12.96	0.54	330	65	1.30	
2		2.62	570	5	21	1.8	0.20	19	1.60	3.26	0.19	34	57	0.10	

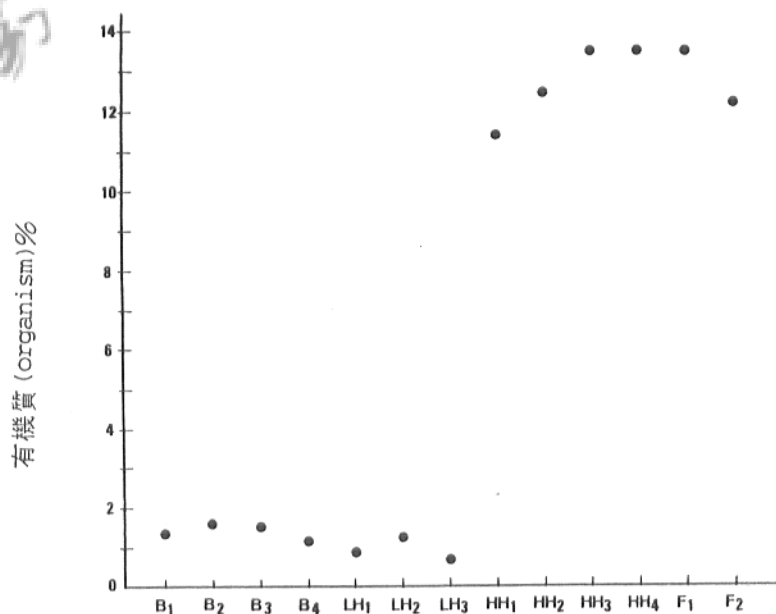
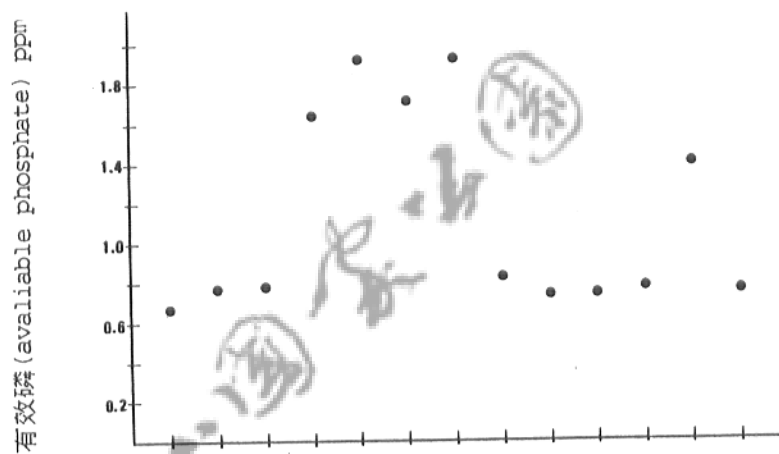
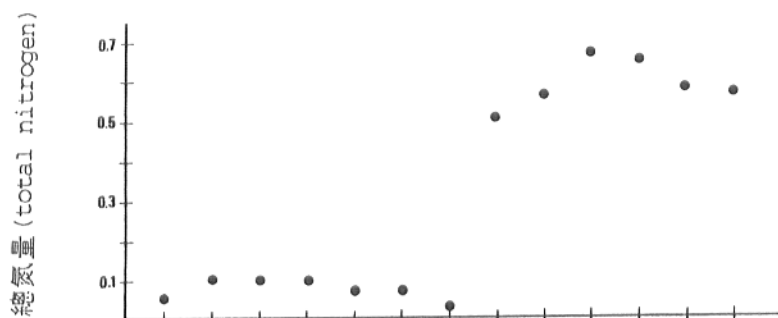
紗帽山噴氣孔

1	1989.03	2.37	1740	18	51	3.9	0.20	30	4.64	10.20	0.18	103	68	0.55	
2		2.03	4200	63	321	4.1	1.10	149	6.72	21.48	0.08	226	70	0.90	

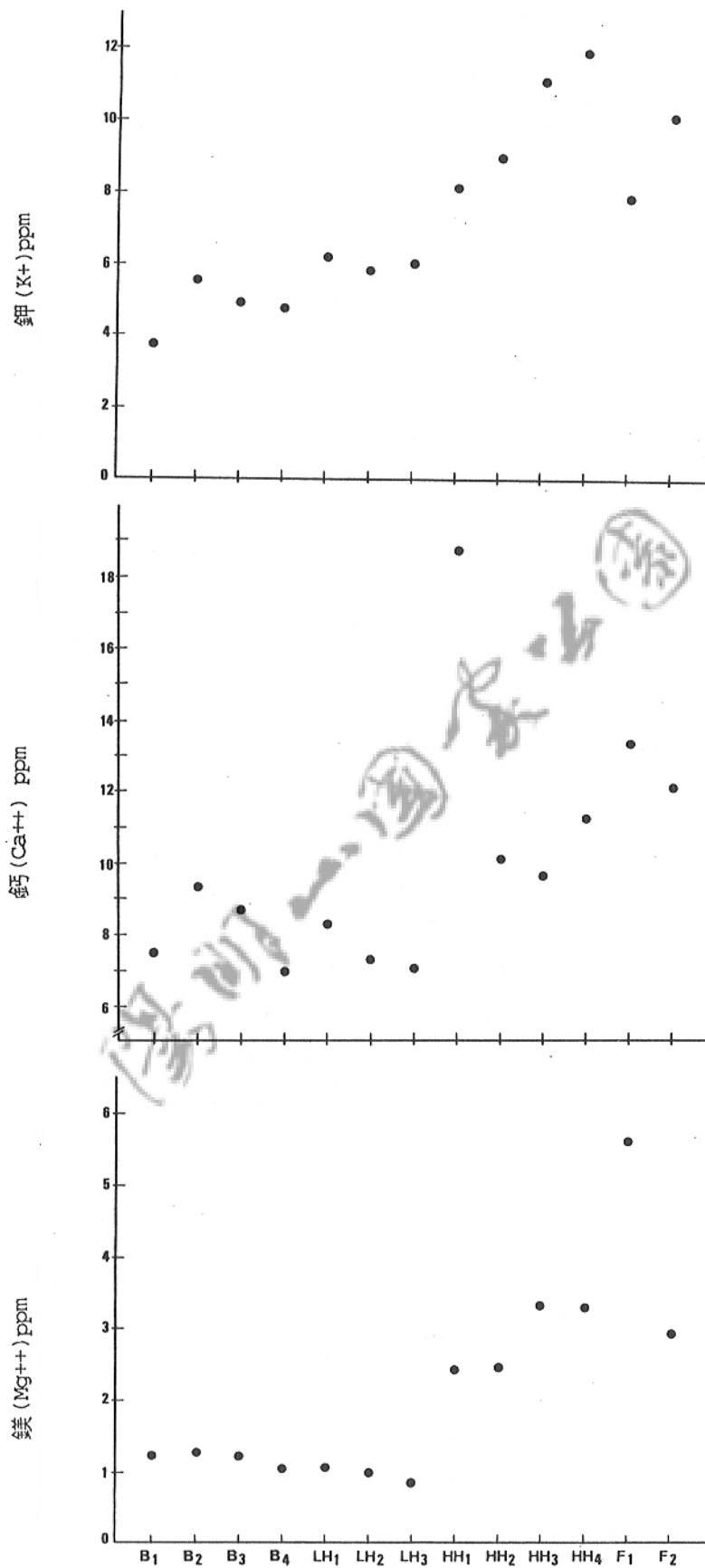
竹子湖

1	1989.03	2.90	740	1	92	2.4	0	63	1.80	3.40	0.15	57	65	0.27	
2		2.97	860	12	129	4.8	0	95	2.28	3.00	0.17	60	67	0.50	
B		1.98	5600	32	103	3.7	0.30	129	3.90	17.04	0.02	370	75	1.15	
1	1989.05	2.12	2200	7	40	2.7	0.20	37	3.72	12.00	0.20	134	70	0.25	
2		2.00	3100	28	237	9.8	0.65	173	3.84	13.60	0.26	291	73	0.68	

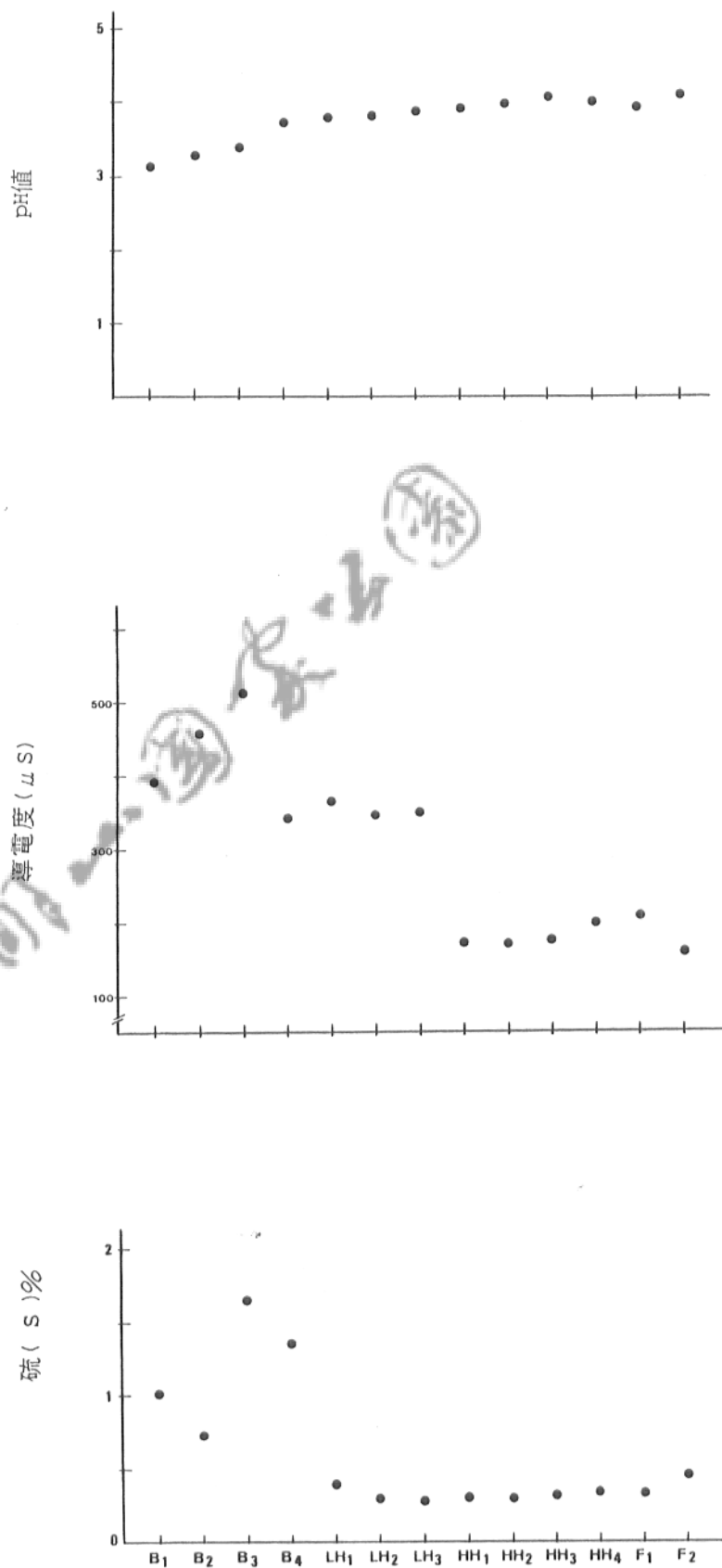
B: 噴氣孔 cond. 導電度 turb. 混濁度 hard. 硬度



圖三十七：小油坑各樣區之總氮量 (total nitrogen)，有效磷 (available phosphate)，有機質 (organism) 之變化圖。



圖三十六：小油坑各樣區之鉀(K⁺)，鈣(Ca⁺⁺)，鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖。



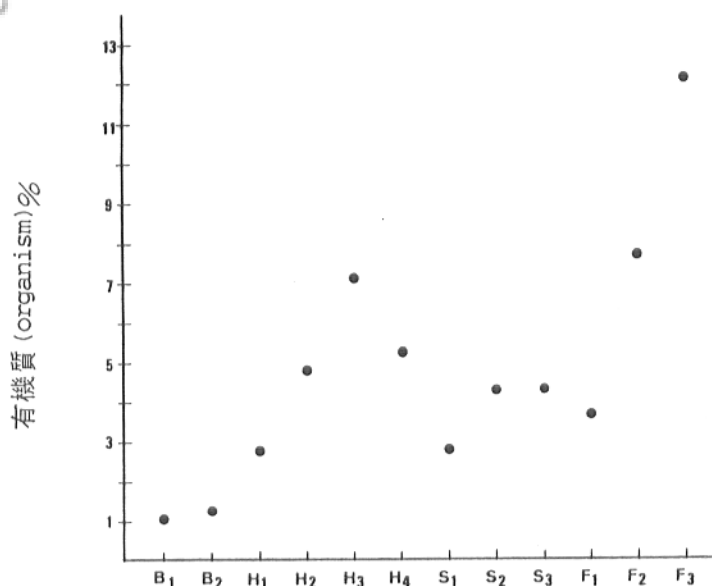
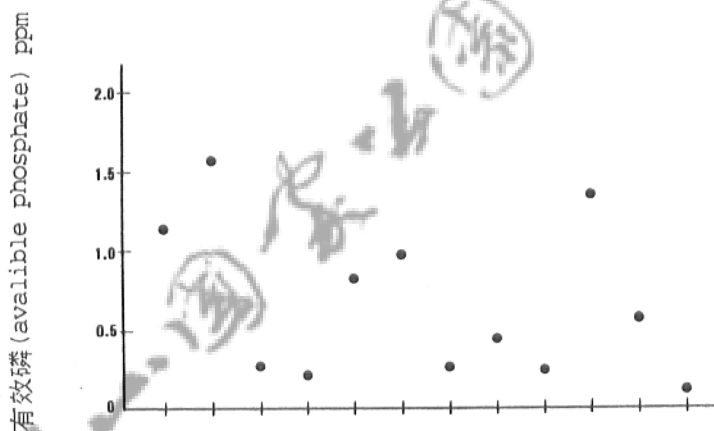
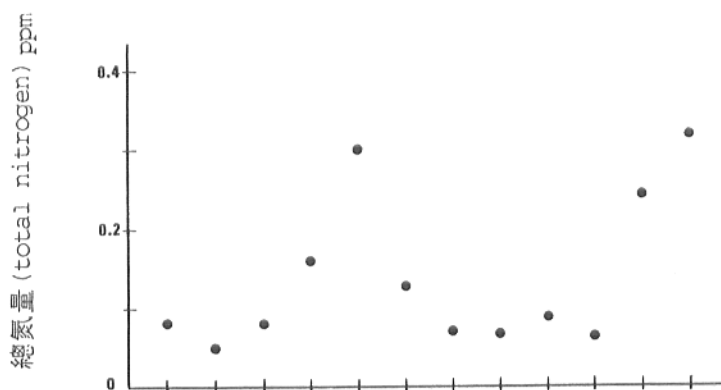
圖三十五：小油坑各樣區之PH，導電度(μS)，硫(S)之變化圖。

a. 小油坑：

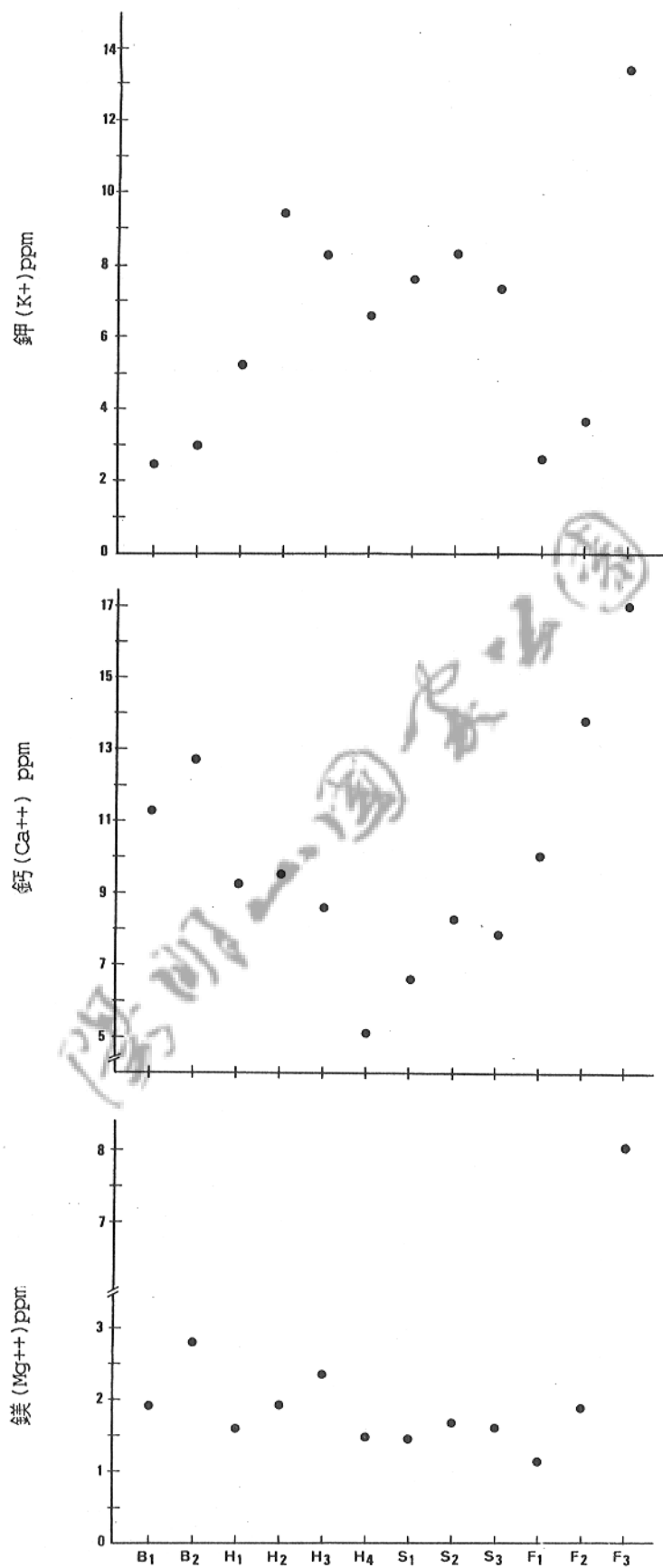
圖三十五~三十七爲小油坑土壤各項因子在植群演替序列的變化，亦如前面所得的結果，pH 值由低而漸高，導電度則反之。由於取樣時，裸地區並非位於低溼地、陽離子發生堆積的情形不大（圖三十六），但因接近硫磺噴氣孔，二氧化硫的含量仍偏高，溶解的硫酸鹽不僅造成土質酸化，並促使其他礦物之溶解，造成導電度增高。而有機質與總氮量變化亦呈一致（圖三十八），再再支持有機質與總氮量的關係密切，同時發現這二種養份在高草區時突然增高，原因是小油坑噴氣孔受旺盛的地熱活動影響，形成最高落差達 100 公尺的地塹，在高草區以內的植群位在噴口地塹中，而高草區以外之植群則分佈在平坡地上，因植群覆蓋度達百分之百，受雨水沖刷量小，因此有機質及總氮含量與噴口地區形成特別大的差異。至於有效磷的變化仍不顯著。

(2). 水質分析：

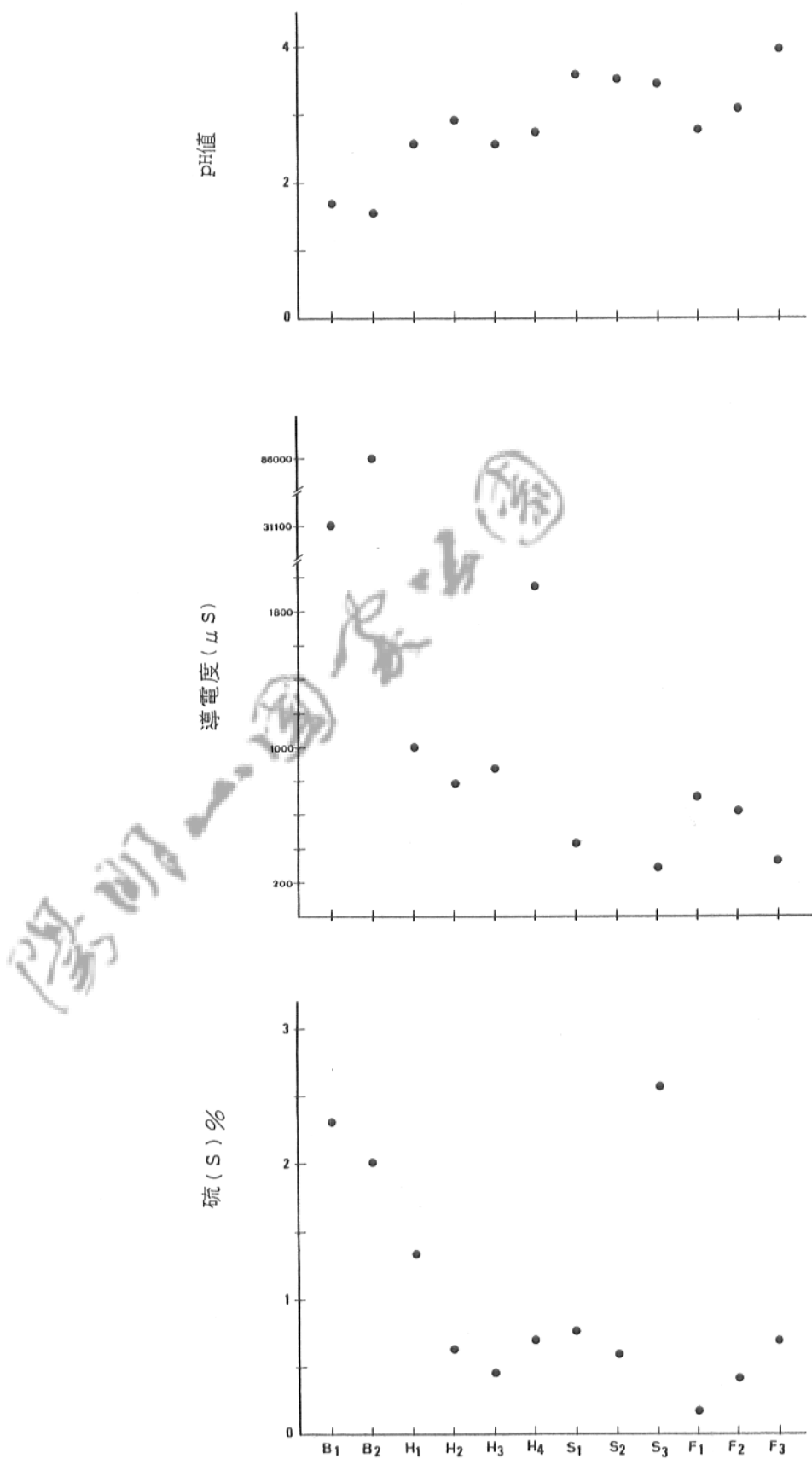
四個噴氣孔溫泉水質結果（表十五），整體而言水質皆偏強酸性、同時導電度極高，顯示水中的溶解鹽類很高，其中金屬離子以鈣(Ca)含量爲最，而非金屬離子則以二氧化碳及硫酸鹽值偏高。受硫磺噴氣及地熱的影響，沸水與硫化物作用產生強酸性的水質及高量之硫酸鹽、而沸騰的水亦加速空氣中二氧化碳的溶解、溶解後的二氧化碳常以 HCO_3^- 存在並放出 H^+ 。受高溫強酸性的水質長期與地表岩石的侵蝕置換下，不僅將岩石中的礦物質析出，更造成岩石質變，形成鬆軟質黏的黏土，因排水性不良，使這些由變質岩形成的黏土之溶解鹽含量亦偏高，並且爲高酸性，除了耐高溫，強酸的聚球藻及火山葉蘚等低等植物，皆無法生存。反言之，若無溫泉水的侵蝕作用，軟化噴口岩質並供以水份滋潤，初級演替亦無法展開，



圖三十四：竹子湖各樣區之總氮量 (total nitrogen)，有效磷 (available phosphate)，有機質 (organism) 之變化圖。



圖三十三：竹子湖各樣區之鉀(K⁺)，鈣(Ca⁺⁺)，鎂(Mg⁺⁺)離子之變化圖。



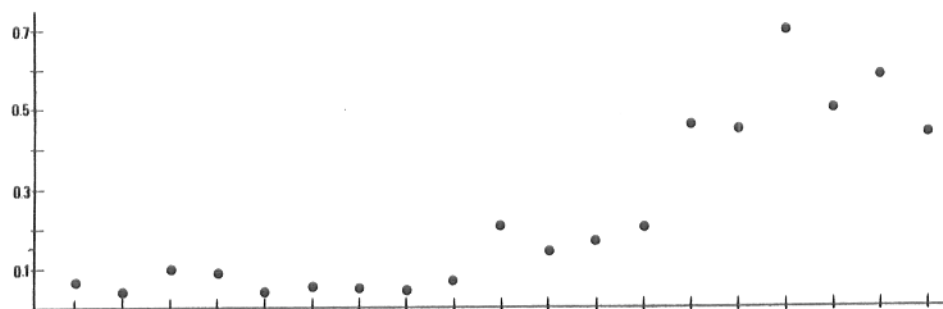
圖三十二：竹子湖各樣區之PH，導電度(μS)，硫(S)之變化圖。

子或營養元素並無不正常偏高的現象，但此區硫化物的含量偏高，在強酸性的環境下，極易將礦石中之金屬離子溶解，導致導電度提高，並造成植物之毒害；因此，基本上限制植群在本區生存者，乃受硫磺噴氣中硫化物之影響，造成pH值及導電度極端。而參與本區演替的植群除噴口地區具有特殊耐性的聚球藻、火山葉蘚外，因與北部植群無明顯差異。隨植群演替，植物與土壤的交互作用，提高土壤的養份，特別是腐植質的增加，而使有機質含量增加，又因土壤含氮量百分之 90 來自有機質（張仲民，1988），故圖三十一中有機質與總氮量呈一致的變化，此在大磺嘴亦有相似的情形，但是這些養份的變化並非一定呈漸增性的，若在地形較陡的坡面上，易受雨水的沖刷，腐植質不易堆積，而使其值下降。關於有效磷在植群的演替序列上並未看出特別的分佈趨勢，因此有效磷似乎不宜作為小地區內植群演替變化的評定依據。

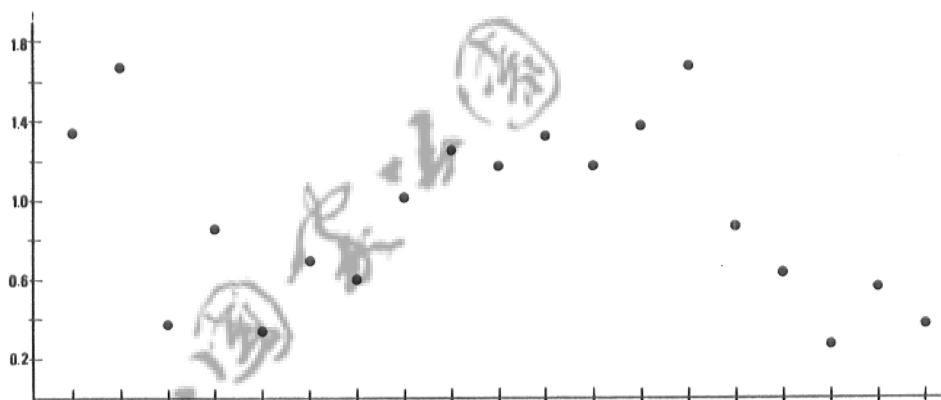
c. 竹子湖：

圖三十二～三十四為竹子湖土壤各項因子在植群演替序列的變化，基本上與上述二個噴氣孔大同小異，亦發現在裸地區附近，硫、鈣、鎂有堆積的傾向，由導電度值偏高判斷，在此亦發生鹽類堆積，以致限制植物的生長。同時有機質與總氮量變化一致，在灌木區含量的偏低，係受地形的陡峭，腐植質易受雨水的沖刷流失所致。而此區的優勢灌木與大磺嘴一樣，是發生生育地北降的南燭、顯示在噴氣孔向陽的陡坡地，與高山向陽坡地的生育地相似，其中除了緯度偏高的補償效應外，酸化的土壤與陽明山年雨量高達 4000 厘米以上（中央氣象資料1987-1988）以上的雨水沖刷，使原本土質疏鬆的坡地，加速土壤及腐植質的流失等因子而使之成為硫磺區之適存植物。

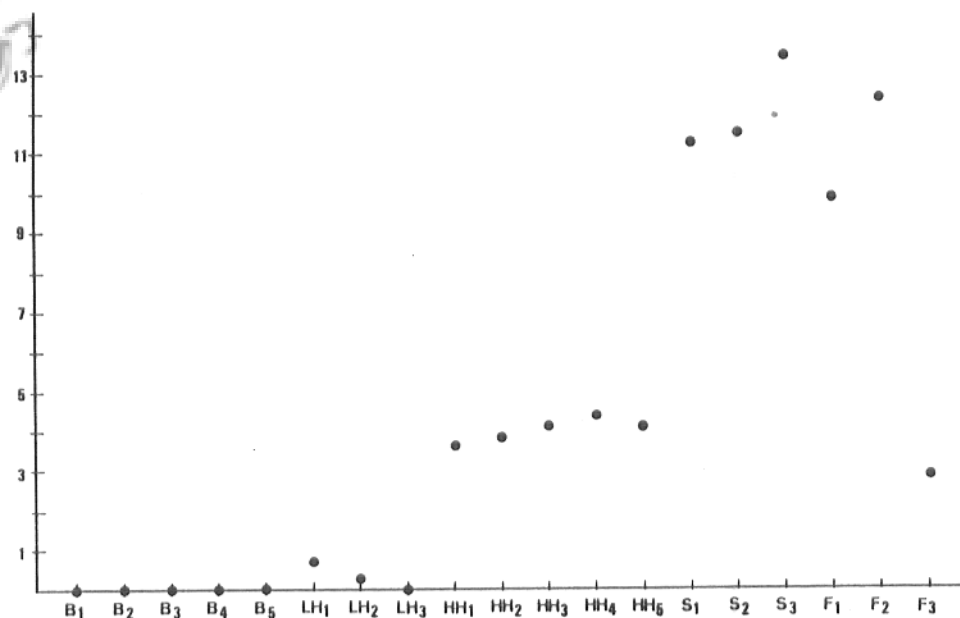
總氮量 (total nitrogen) ppm



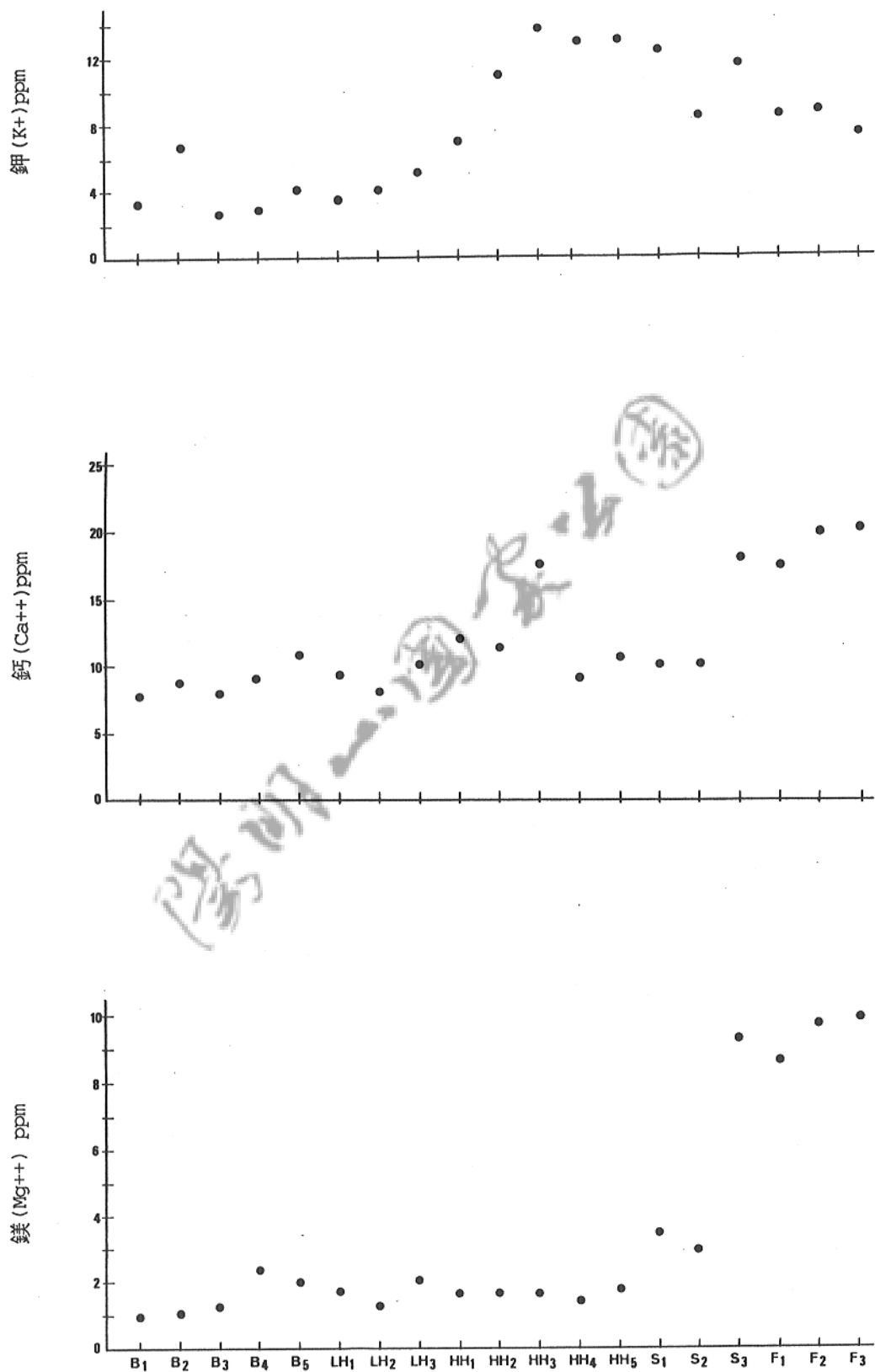
有效磷 (available phosphate) ppm



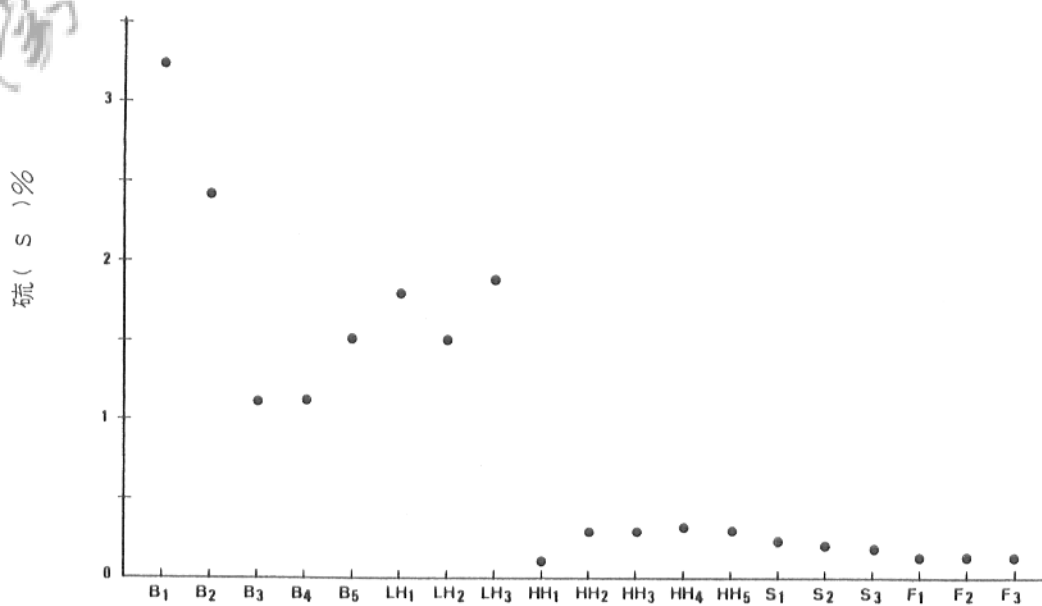
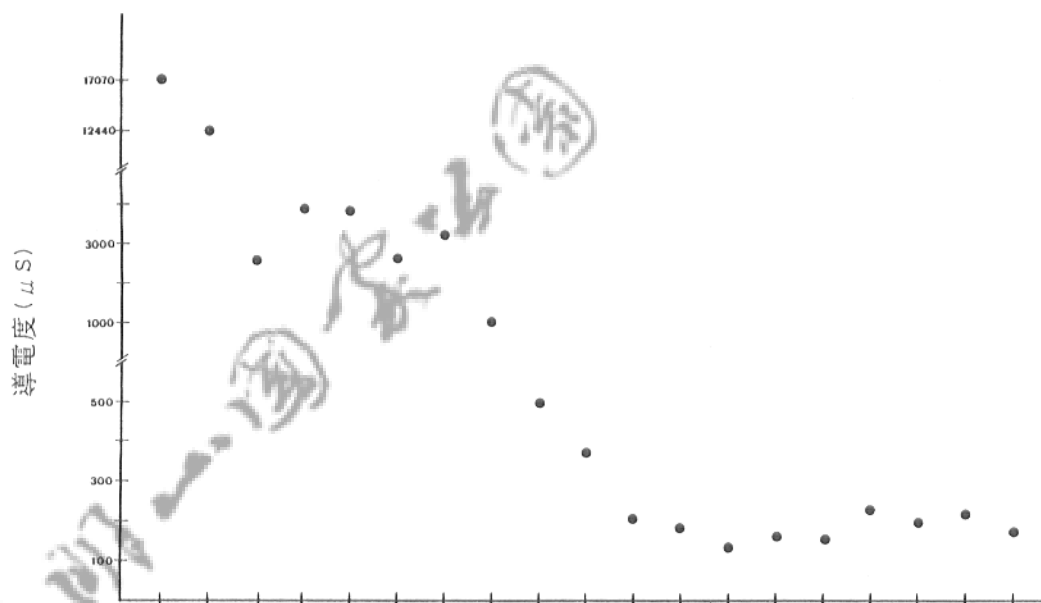
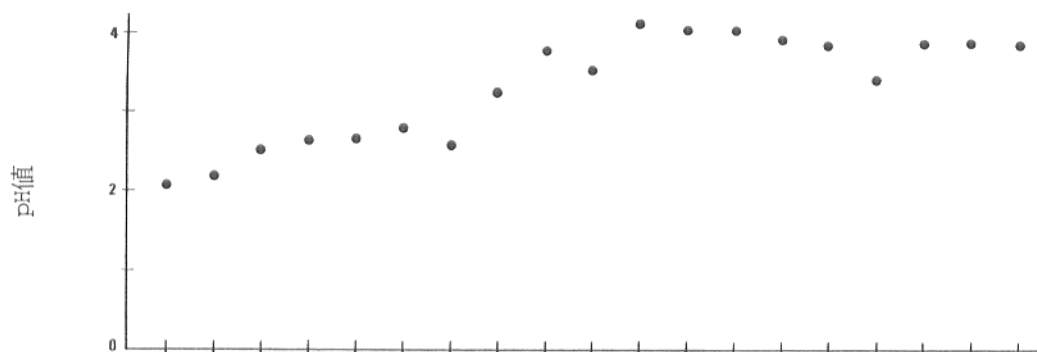
有機質 (organism) %



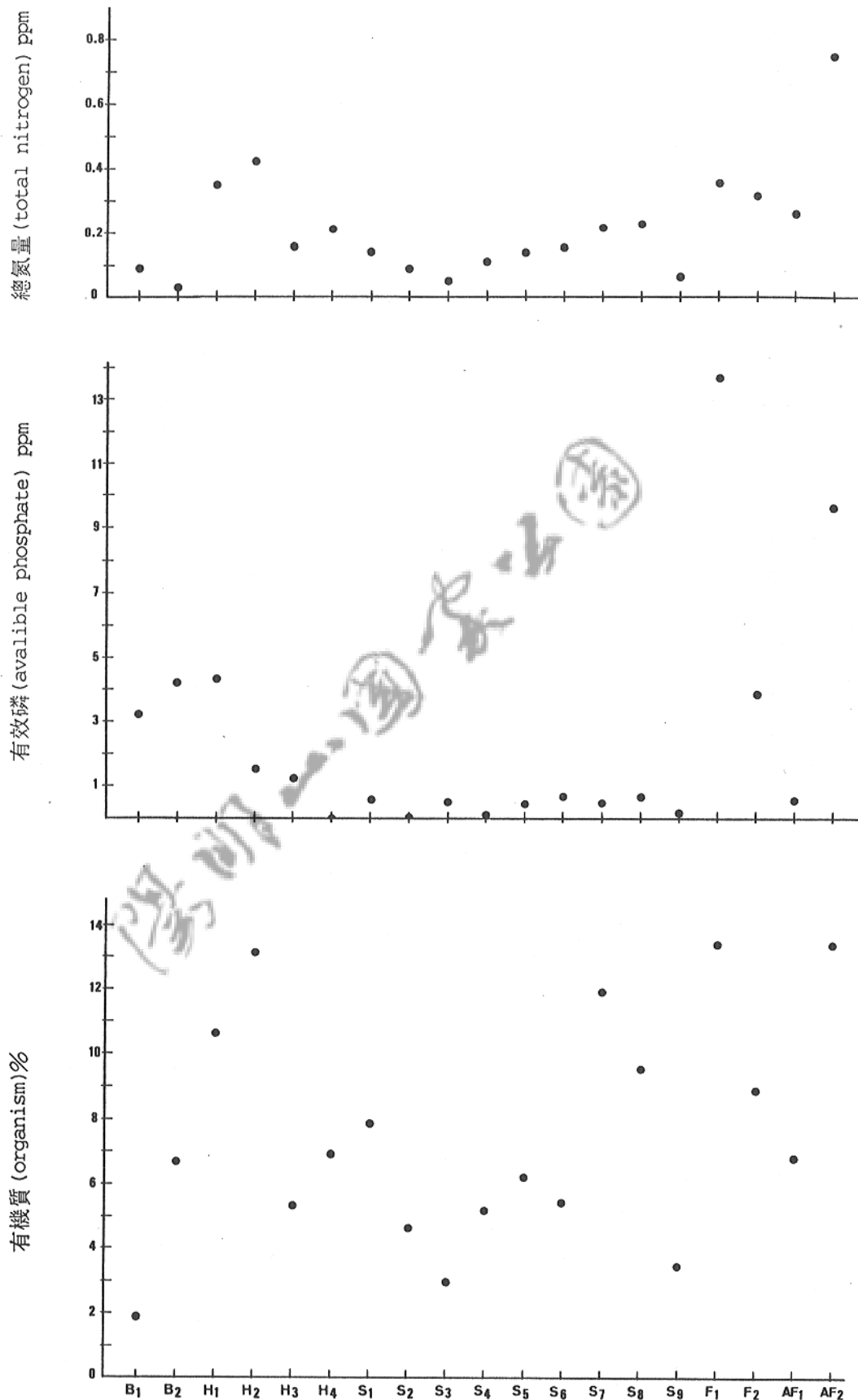
圖三十一：四磺坪各樣區之總氮量 (total nitrogen)，有效磷 (available phosphate)，有機質 (organism) 之變化圖。



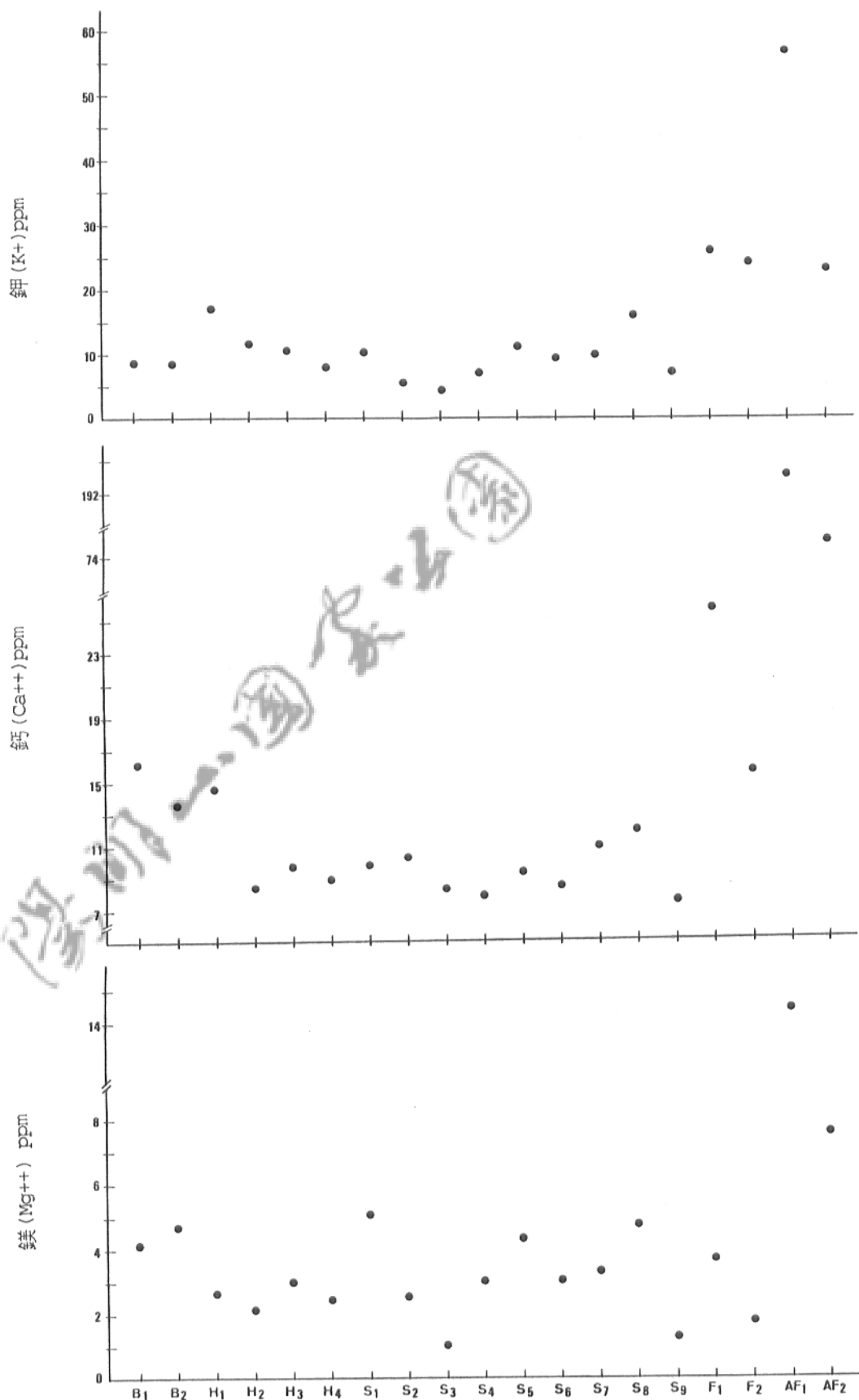
圖三 十：四磺坪各樣區之鉀 (K⁺)，鈣 (Ca⁺⁺)，鎂 (Mg⁺⁺) 離子之變化圖。



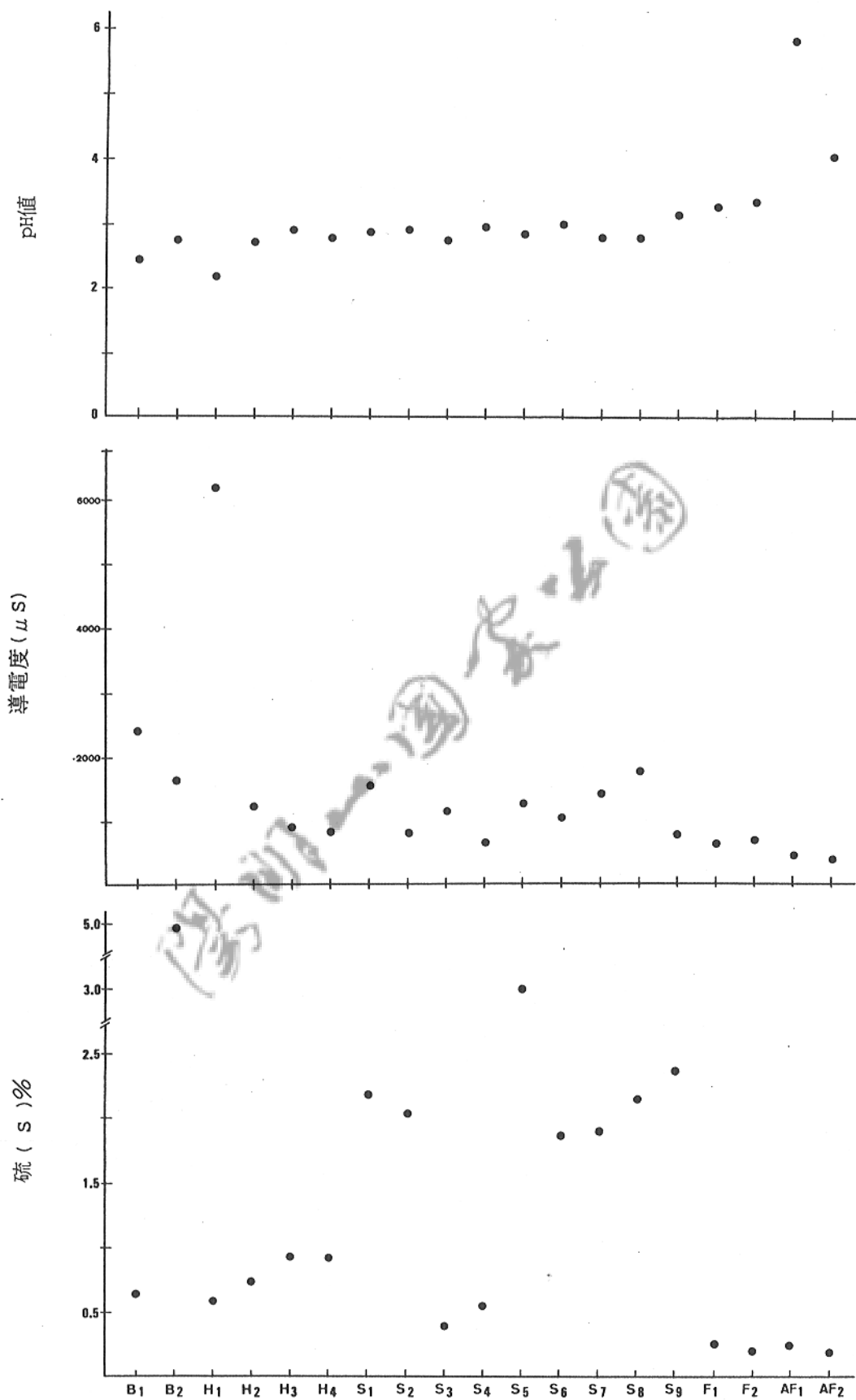
圖二十九：四磺坪各樣區之PH，導電度(μS)，硫(S)之變化圖。



圖二十八：大磺嘴各樣區之總氮量 (total nitrogen)，
有效磷 (available phosphate)，有機質 (organism) 之變化圖。



圖二十七：大磺嘴各樣區之鉀 (K⁺)，鈣 (Ca⁺⁺)，鎂 (Mg⁺⁺) 離子之變化圖。



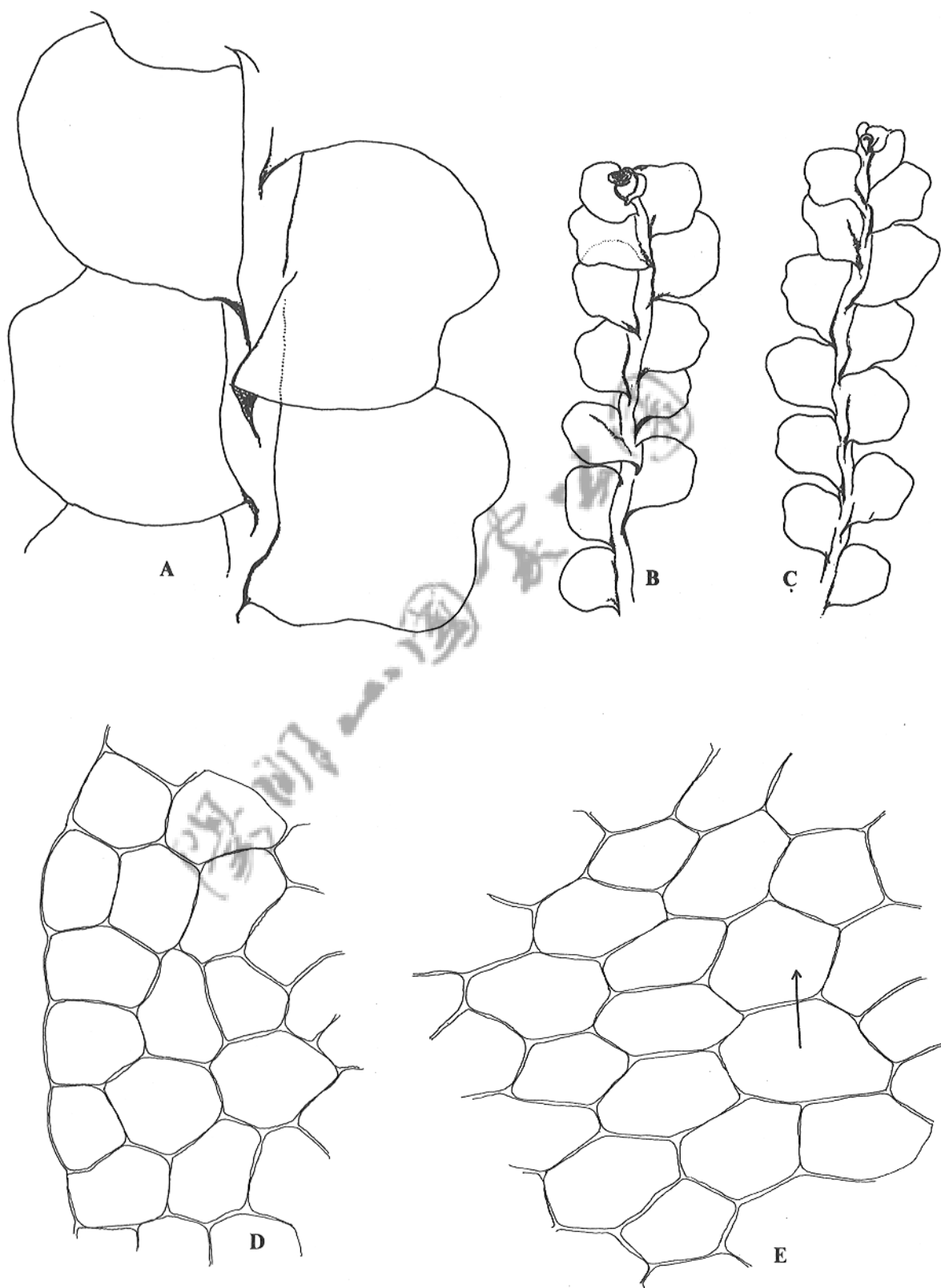
圖二十六：大磺嘴各樣區之各樣區之pH，導電度(μS)，硫(S)之變化圖

a. 大磺嘴：

將表十的結果依植群變化圖示出來（圖二十六、二十七、二十八）。圖二十六中，pH 之變化隨植群的消長，呈梯度變化，越至演替成熟的植被，pH 值越近中性，顯示噴口附近的裸地僅有地中或地表的植物生存，係受高酸性的土質所限。由於噴氣產生之硫化物與附近之岩質產生置換作用，並溶解於地表或溫泉水中，造成噴氣附近土質呈強酸性（Freieleben 1988, Brown 1987），又由導電度的變化看出噴氣附近的導電度偏高，顯示土中含可溶性鹽類（salt）極高，可能受溫泉侵蝕造成之低溼地，以及安山岩受熱變質形成滲透性極差的粘地，而產生鹽類堆積效應，故圖二十六，二十七中硫及陽離子含量在裸地有偏高的傾向。由於強酸的環境，增加元素的溶解，形成 MgSO_4 , K_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 之狀態，加上鹽類的堆積，導致植物發生脫水等致害現象（張仲民，1981；Feijtel, 1989）。而少數耐性強的植物，多為低等植物，如聚球藻，火山葉蘚，因為根、莖、葉等特化，且單細胞或單層細胞的結構能有效適應生存惡劣的環境，並且因它們的生存造成植群演化的推動。在火山葉蘚的死亡植物體上，台灣芒的種子得藉以萌發，由於台灣芒茂密的根系，能抓附土壤，加速土壤之化育，而植群亦能隨之演進，由此觀之，環境因子篩選適存種類，而推動演替的進行，主要仍在於植群間的消長競爭，此觀念與 Odum 1969 所提出觀念一致。

b. 四磺坪：

圖二十九～三十一為四磺坪土壤各項因子在植群演替序列的變化，發現 pH 值及導電度的變化與大磺嘴相似，顯然 pH 值及導電度仍為影響該區植群之可能因子。然而不同於大磺嘴噴氣孔的是、裸地區並未發現鹽類堆積的趨勢，除了二氧化硫及有效磷外，其他離



圖四十二：火山葉蘚 *Jungermannia vulcanicola* Steph.

A.植物體(×79) B.C.植物體 D.葉緣細胞(×379) E.葉身細胞(×379)

留火山植物景觀之必要措施。

此外發現網衣地衣對硫磺噴氣孔地區亦具指標性，雖不若火山葉蘚來得顯著，但可證明其亦為火山地區之先驅植物，唯地衣之鑑定尚未明確，無法證明與火山地區之專一性，故尚難斷定為火山植物。台灣矢竹為小油坑一帶主要植群景觀，與土壤多項因子成正相關，顯示矢竹參與土壤化育之顯著，甚至可為化育成熟的土壤指標。但因台灣矢竹藉覆蓋度的優勢及以走莖繁殖的方式，使其他植物難與之競爭，而形成台灣矢竹林的亞極相社會。而為森林優勢的紅楠，卻因山溝地形局限及營養源堆積，干擾其對環境因子之關係。

(3). 植物與氣體、水質之相互作用：

在氣體之結果分析得知植群的變化與氣體的組成成份並無顯著關係，然而硫磺噴氣孔氣體中含有影響植物生理之硫化氫，二氧化硫等，雖然處於低含量，長久以來，亦會造成植物生長之障礙。由於氣體因子不似土壤，植物可經由物質環境及外在機械作用改善土質，除非地層作用或人為干動，氣體的成份及含量不會因植物的生長造成改變，因此，嚴格說來，氣體為植物生長之限制因子，植物只有藉不同的因應方式去適應，至於有無發生族群演化等作相互作用，尚待進一步研究。

據調查結果顯示噴口地區硫化物氣體含量高的地帶以草叢區為界，分布在此界限的種類，除低等植物如聚球藻，羽紋矽藻，火山葉蘚及網衣地衣外，高等維管束植物僅以台灣芒及栗蕨為土。由於低等植物行光合作用的機制不同，且多為單細胞或單層細胞，固碳作用多藉由溶於水中的氣體獲得，如火山葉蘚，亦必需生存在溫泉所造成的潮溼地、藉由水分溶解 CO_2 ，以擴散方式進入葉狀體。故硫化物氣體不會對其造成直接的傷害，但溶解後的硫化物會造成水

質的酸化現象，並影響周遭的土質，不僅會加速水或土中礦物質及鹽類的溶解，同時提高導電度，造成植物根部無法吸收養份，對高等植物而言，低pH值限制種子萌發 (Ragnal et al. , 1982 a,b) 根部吸收不良，氣孔又受氣體硫化物的傷害無法正常行光合作用，故可生長在噴口附近的高等植物的覆蓋度及歧異度很低。至於台灣芒與栗蕨的因應措施，可能是台灣芒的種子能在pH=1 ~ 2 的環境中正常萌發，同時其光合作用效率很高（因屬C 植物），因此能適應當地環境。而栗蕨則主要以走莖行無性生殖，故推測栗蕨亦具極佳的光合作用效率，不過尚待進行與證實。

如前述所說，噴口地區之溫泉水質受硫氣及硫磺結晶的影響，水質極酸，平均為2.6。因酸性溫泉水的侵蝕，造成當地安山岩石變質為粘土（程楓萍，1987），進而影響噴口地區土質的排水性不佳。雖然如此，溫泉仍為開啓植物演替的功臣，由於那些藍綠藻、苔蘚的生存皆離不開水，而因為這些先驅低等植物的建立，加速土壤的化育，使演替能順利進行。

伍、結論與建議

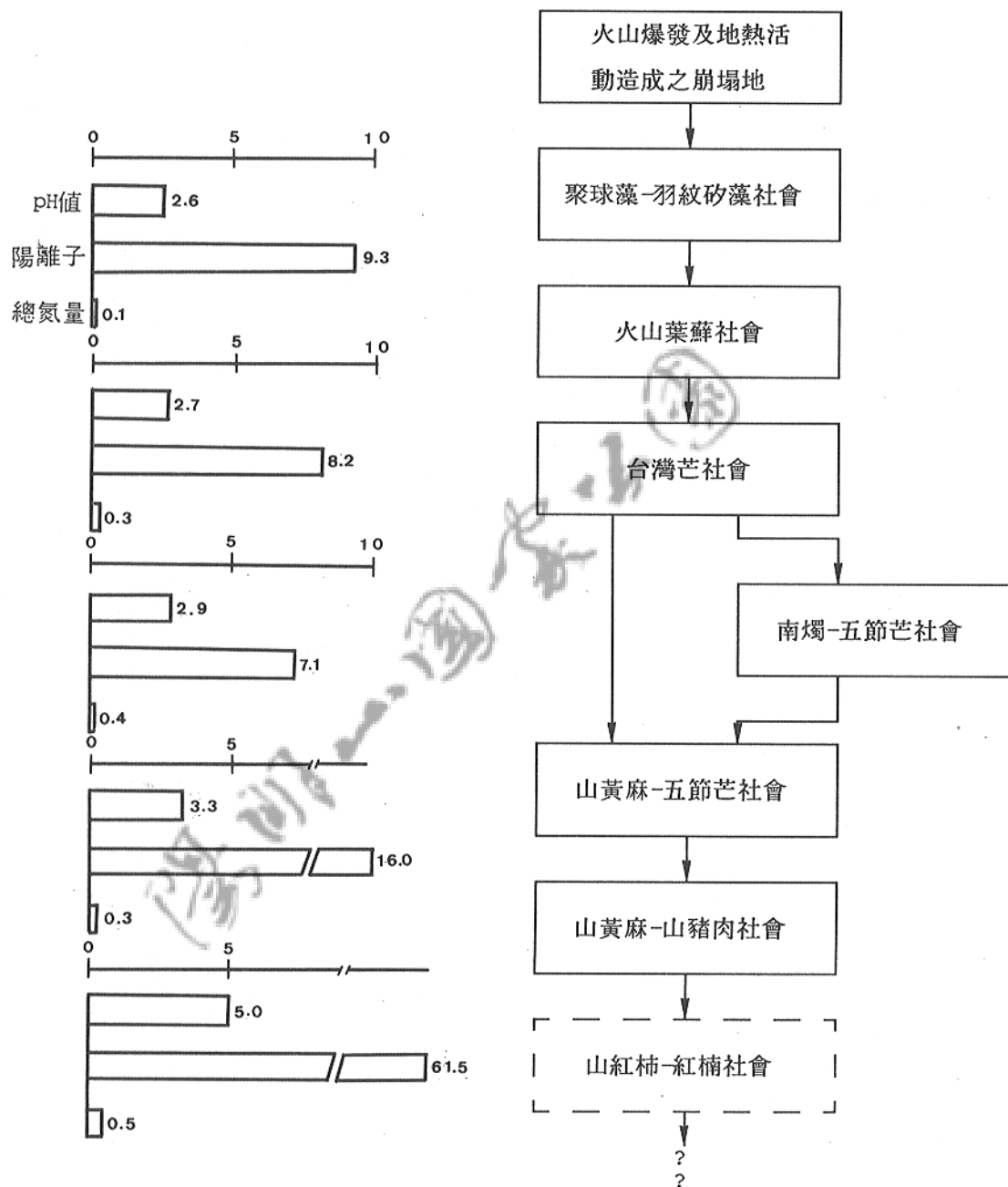
本研究調查陽明山國家公園四個具有火山特殊地質景觀之硫磺噴氣孔的植被演替與植物概況，調查的海拔範圍從 250 公尺到 800 公尺。此四處噴氣孔因受地熱活動及人為不同程度的干擾影響，範圍內火山植物的生育地亦有所差別。據結果顯示，陽明山國家公園之火山植物，為僅生存在噴氣孔附近，能耐硫磺氣強酸及高鹽性環境的緊球藻及火山葉蘚，由於噴氣孔仍保持後火山作用的原始景觀，同時此二種植物對該特殊環境具有相當強的專一性及指標性，因此認為應屬火山植物。

有學者認為陽明山國家公園內生長著多種高山植物，此係受硫磺地區之影響（劉棠瑞，1968；章樂民，1968）。不過由本研究結果顯示，

出現在噴氣孔影響地區之高山植物僅南燭一種，且對該區環境並無顯著指標性及專一性，因此認為發生在陽明山國家公園的高山植物並非受硫磺泉及火山噴氣的影響，其主要原因可能是陽明山國家公園的綜合生態環境與高山相似之故。同時硫磺噴氣影響的範圍有限，演替至森林，其環境幾乎與一般森林無異；生存在硫磺噴氣孔附近的植物，除了上述真正的火山植物外，其他的種類多以破壞地或向陽性的次級演替植群，且據前人之研究，火山植群終將演替至該地區盛行氣候之極盛相，因陽明山火山活動歷史久遠，又受人為因子之不斷干擾，其植群多屬次生演替林，甚至硫氣區亦然。故已無所謂特殊之硫磺泉植群或火山植群存在，而過去認為栗蕨為溫泉地的指標，在本結果中卻未得以証實。

此四個噴氣孔各自之植群變化與土壤因子關係密切，但是受不同地形方法及植群組成等綜合影響，反應四個噴氣孔植群變化之因子各不盡相同。大磺嘴海拔最低（250m），其植群演替序列與土壤中之pH值，陽離子（鉀，鈣，鎂）及總氮量之變化最顯著相關（圖四十三）。過去曾有多位學者研究發現硫磺泉的植群會隨pH值的變化而產生一定的消長變化，故土壤中pH值可作為硫磺噴氣孔地區植群受氣體影響之最佳指標（Yoshioka, 1965; Tsujimura, 1979; Kato, 1986; Hara 1983），就大磺嘴植群分析結果支持上述的推論，同時陽離子與總氮量的顯著性証實植群的序列變化中，的確與土壤有相互作用產生，往後若能進一步了解這些土壤營養源的物質循環，將更能支持該地植群演替與土壤之密切相關。

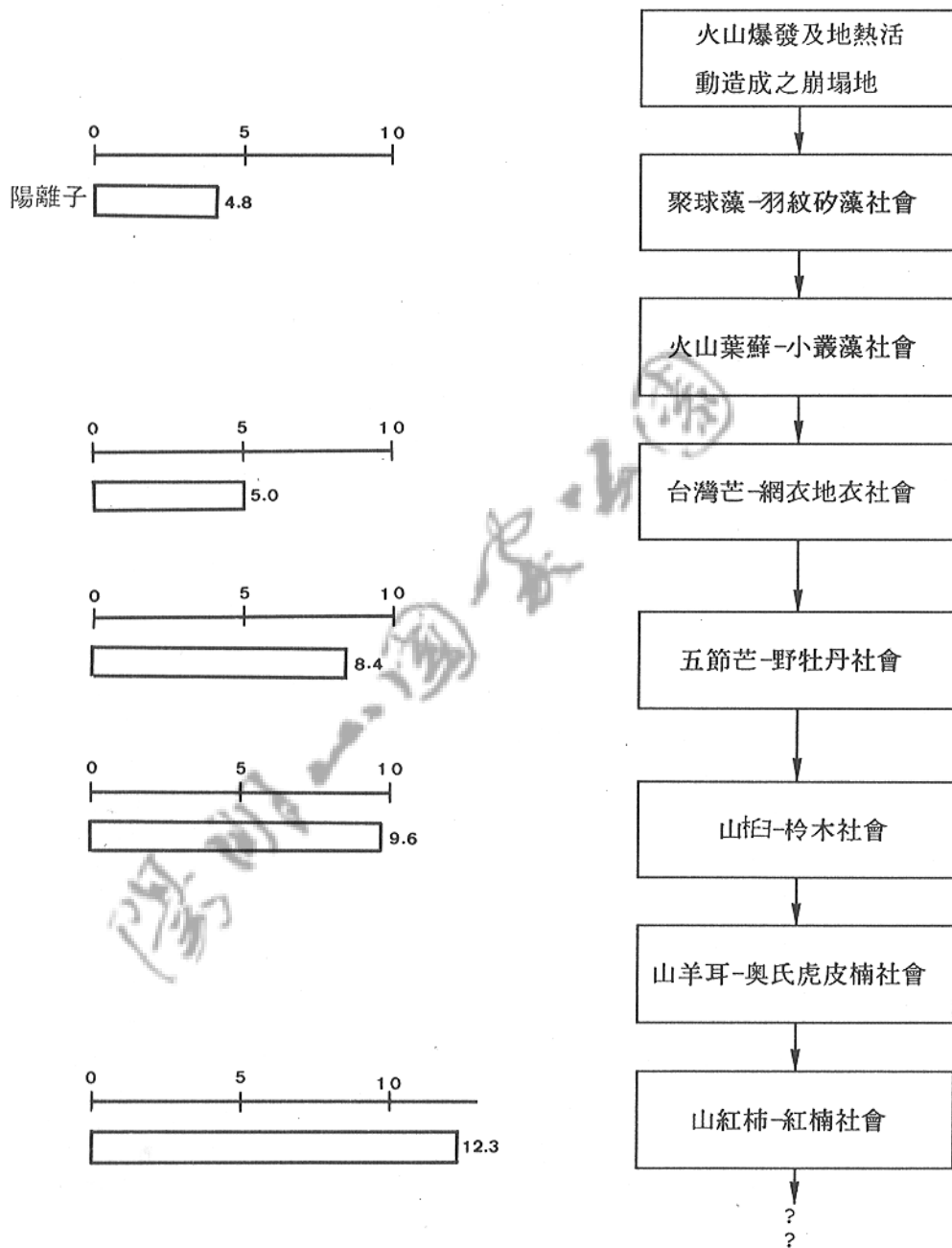
在大磺嘴的植群演替序列中，基本上、具有初級演替的表象，據Clement 1916（劉，蘇，1986，PP357）定義凡演替發生於從來有植群覆蓋之新生地，而在沒有毀滅性的干擾因素下進行者，稱為初級演替。由於大磺嘴等噴氣孔曾為礦區，並且採礦歷史相當久，長期受人為干擾，除了噴附近的植群，受硫磺氣及裸露之火山岩石影響而保留初級演替的特色，亦



圖四十三：大磺嘴之植被演替序列

即由噴口處始有聚球藻社會之分布，火山葉蘚則能利用潮濕的開放地取得優勢，台灣芒的種子藉火山葉蘚之植物體基質得以萌發而逐漸取得裸地中的優勢，隨土壤的代育及酸度下降，而為耐性強的南燭灌叢社會取代。另一方面次級演替亦在此區進行，尤其位在低溼的草叢區產生了山黃麻林的社會，進而演替成次級的闊針林，因此吾人認為大磺嘴噴氣口保留初級演替之序列，卻因受人為干擾下、產生了次級演替。

四磺坪植群序列變化中發現僅與陽離子呈顯著相關（圖四十四）。而 pH 值在此卻未顯示其指標性，原因可能受到該噴氣孔至今仍受到採礦的干擾，雖然仍有噴氣及地熱等作用，但人為的干擾對植群的影響更劇烈，使土壤中的 pH 值無法充份顯現植群的變異，此時，若增加樣區數，及擴大調查的面積，或許能降低人為因子所造成的干擾。不過由植群序列變化中，在噴氣孔地區仍由聚球藻、火山葉蘚等火山植物為代表，而地衣所出現的階段，則不如我們所想像的，屬於演替之先鋒，反而較遠離噴口之環境的台灣芒社會中才得以發現，這點與 Yoshiola (1933) 所研究結果一致，並証實地衣的演替地位並非絕對為演替的先驅植物。繼台灣芒社會後，有五節芒—野牡丹之高草社會出現，之後的灌叢區之代表種是耐陰性灌木：柃木為優勢，可見此地之微環境異於大磺嘴，原因可能在於雨量及地理方位，因四磺坪的灌叢形始出現的位置，是在背陽坡面，而向陽面受採礦的破壞，全為五節芒所取代，因此雖位於 350m 之低海拔，地理位置偏北，且受東北季風影響帶來豐富的雨量，其植群較似中海拔的組成，故灌叢區並無南燭出現，而是柃木為主，同時在此階段也有先驅樹種的部份—山柃，其山柃的生態地位與山黃麻相似，由此判斷所調查的灌叢區並非為典型之代表，而應較此時期為後，因此推測五節芒—野牡丹社會若不受人為干擾，將為灌叢區之階段。繼山柃—檜木的社會後，並不直接演替到森林，而中間經過山羊耳—奧氏虎皮楠之過渡社會在此時間草本仍以五節芒占

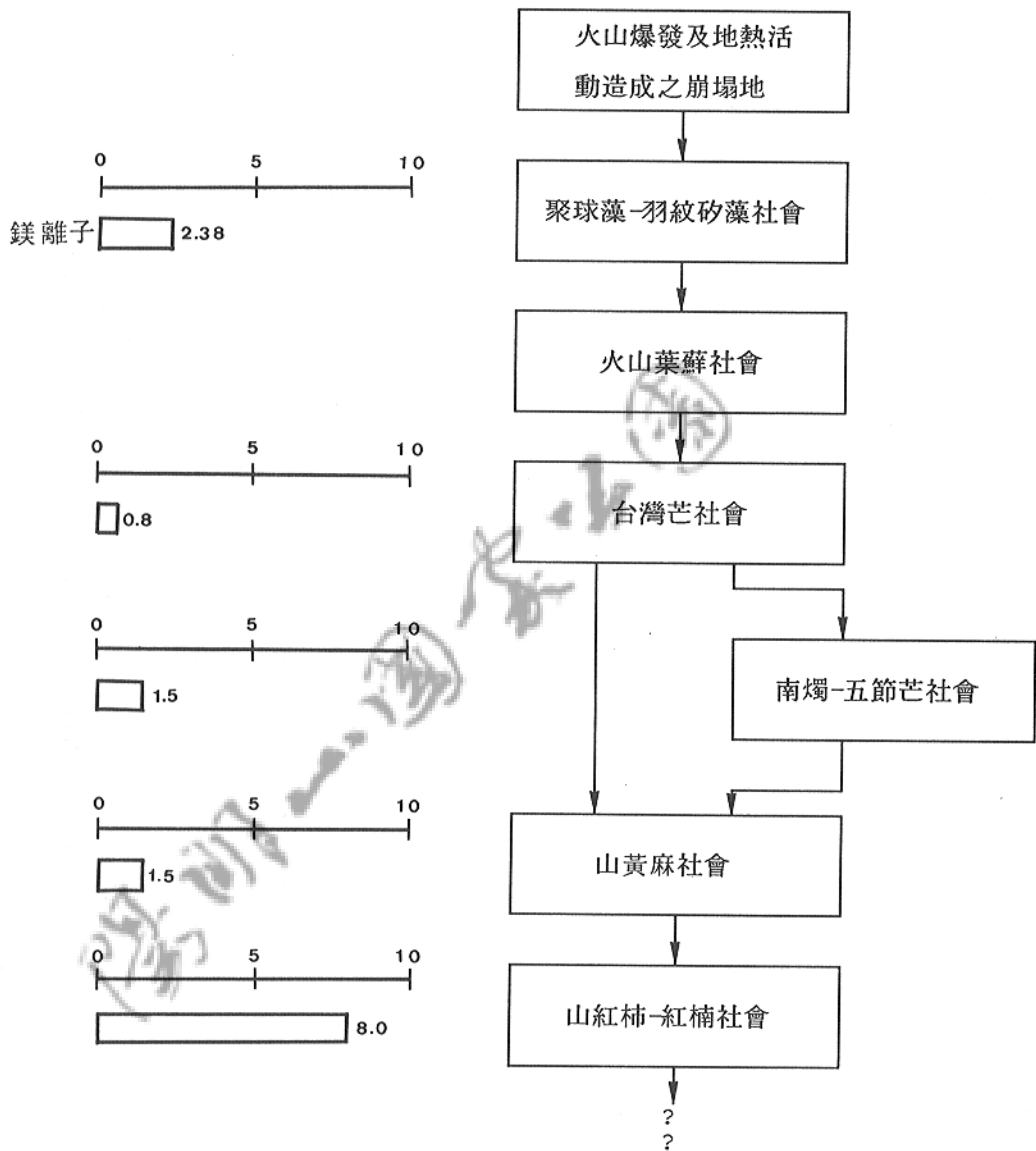


圖四十四：四磺坪之植被演替序列

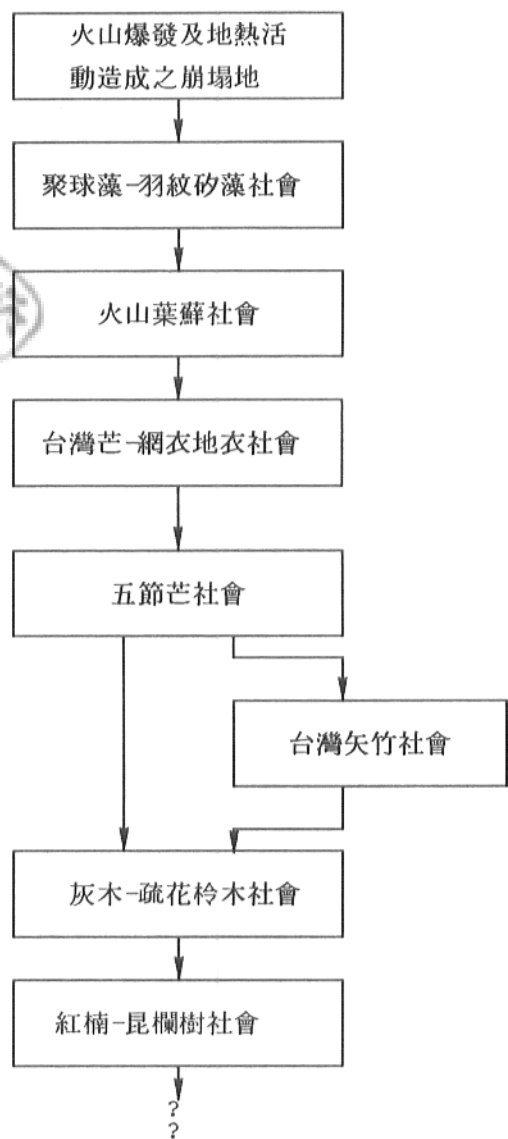
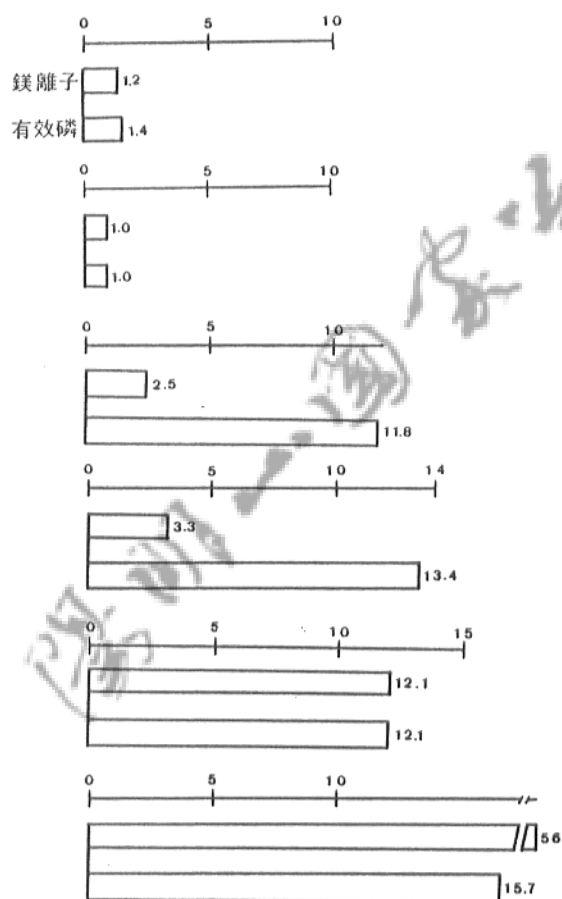
相當的優勢，直到山紅柿—紅楠社會，草本層才為其他耐陰性的距花委、橢圓葉月桃、拎壁龍所取代。

竹子湖之演替序列與大磺嘴相當近似（圖四十五）。但所發現之相關因子，只有鎂離子一種，顯然其植群演替的背景異於大磺嘴。事實上，竹子湖雖然也是向西開口的火山爆裂口，且早已禁採礦石，但該區卻因黑松的育林成功，改變噴氣孔應有的植群相，而天然的植群因幅地偏小，取樣偏差較大，而影嚮分析的結果，尤其植群演替序列中，山黃麻社會，至山紅柿—紅楠社會的不連續性，主要在於山黃麻的出現受灌叢區種植相思樹林有關，當山黃麻逐漸取得優勢時，應由過渡的社會出現才會到山紅柿—紅楠較為穩定的植物社會產生。小油坑之演替序列與四礦坪較相近（圖四十六）。但植被組成仍以呈現區域分布的歧異性。在小油坑植群序列變化中，具指標性的環境因子是鎂離子及有效磷，顯示受地形影響，噴氣孔對土壤 pH 值之變化差異很大，綜上述結果看來，pH 值雖然能反應植群的序列變化，卻不是一個作為硫磺噴氣孔地區植群受氣體影響的最佳指標，因為受地形的阻礙及人為的干擾時，常使 pH 值喪失序列性變化。然而與植物生長代謝所必需的營養源，卻往往更具指標意義，然而受到植被組成及物理因子等差異性，雖然皆為噴氣孔之火山地形，所顯現的指標性環境因子無法完全一致。即使如此，由四個噴氣孔植群與環境因子的變化看來，土壤中植物所必需之營養源仍為植群演替的最佳指標。

小油坑位於七星山西北面、屬於風衝地帶，台灣矢竹及五節芒為此區之優勢植群，依土壤化育的趨勢推測小油坑的演替序列（圖四十六）是由火山噴氣孔地區的植群演替到五節芒的社會，此社會與台灣矢竹的出現受人為因子影嚮很大，然而由這二種社會的林下幼苗種類及土壤化育程度看來，將會向灰木—檜木的灌叢社會演替，進而形成紅植—昆欄樹社會，而目前在小油坑的植群相，灌叢與森林之界限並不明顯，並且要分佈在山溝



圖四十五：竹子湖噴氣孔之植被演替序列

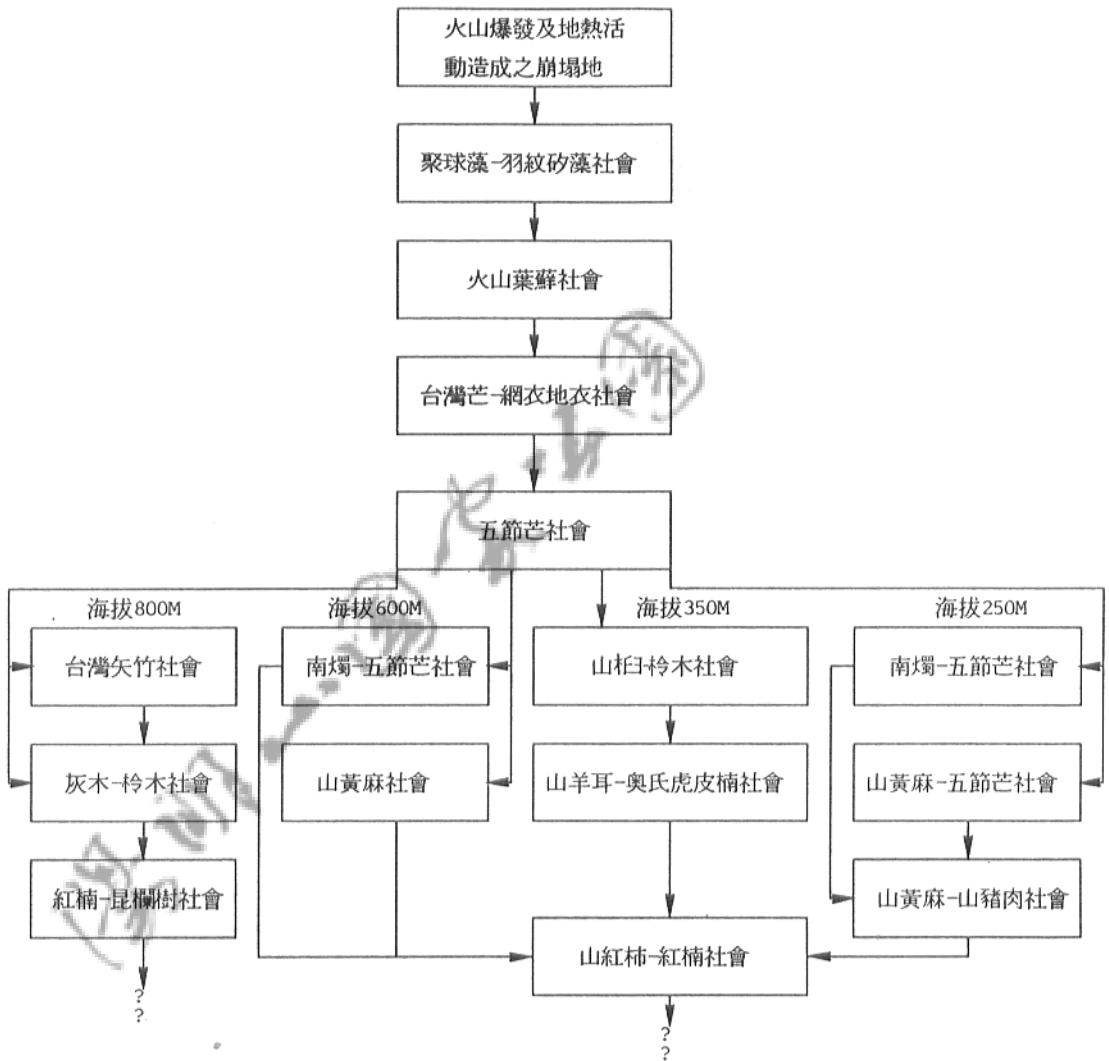


圖四十六：小油坑之植被演替序列

地形，可能是人爲干擾加上風及山溝特殊地形綜合影響所致，由陽明山過去的人又歷史推斷其山區受不斷的砍伐及開墾，造成台灣矢竹及五節芒形成今日之優勢、又因位處風衝地帶，灌木多自山溝地區形成，而每年東北季風帶來豐富的雨量及夏季山區常出現的雷陣雨，使山溝土壤長年累積雨水冲刷而下有機質及營養源，加速演替之進行，因而產生灌叢與森林混交狀態。

綜合所研究之四個噴氣孔植群演替序列，將之作一歸納（圖四十七），基本上陽明山國家公園火山噴氣孔之植群，在噴氣影響範圍內，土壤保留火地區之特殊性者，其種類及演替序列相當一致，即由噴氣孔所造成之崩場地而始有聚球藻、羽紋矽藻社會，受溫泉的滋潤及作用繼有火山葉蘚社會出現，因土壤逐漸化育，台灣芒—網衣地衣社漸取得優勢，隨土壤 pH 值增加，五節芒取代台灣芒之地位。以上之植群演變，不是屬火山噴氣孔地區之特有植群，即爲生態幅度極廣的種類。隨五節芒社會出現後，演替的方向受所在的海拔及雨量，光照風力綜合影響而有不同。如海拔 250m 之大磺嘴，東北部有七星山阻擋，受東北季同影響較小，且噴氣孔全天光照充足，故灌木區以南燭爲代勢，而先驅樹種山黃麻的出現，顯示次級演替亦在此發生，由於山黃麻—山豬肉次生林其上層遮蔽度較山黃麻林爲佳，使林下耐陰性種類增加，而有逐漸恢復原生之山紅柿—紅楠社會之傾向。與大磺嘴相似的噴氣孔非海拔較接近的四磺坪（350m），而是竹子湖（600m），主要是因竹子湖噴氣孔位七星山南側，阻擋東北季風的風力影響，同時全天光照充足，因物理因子相似，導致相似的植群變化序列。四磺坪（海拔 350m）基本與小油坑（海拔 800m）有相似的植變化，因爲此二噴氣孔受東北季風直接影響較大，不過因四磺坪屬低谷地形，雨影而風力影響較小，灌叢區與森林區的變化較爲明顯，而小油坑不僅受風之影響極劇，且具有台灣矢竹林之特殊植相、充份反應植被的歷史背景亦爲影響嚮植

陽明山火山噴氣孔植被演替序列



圖四十七：陽明山火山噴氣孔植被演替序列

群序列中的影響變因 (Halpern, 1988)。

就吾人研究結果顯示演替，陽明山國家公園火山噴氣口植群，不僅具有代表火山特殊環境的火山植物存在，並呈現植物初級演替的特色、而這個演替序列與環境中的土壤因子具相當的指標性，不僅提供一般大眾了解所謂植物社會演替的具體印象，更值得學者專家進一步，探討後火山作用造成植物演化，生理機制及火山地區植群生態系之關係，同時由於陽明山國家公園不僅保留相當多的硫磺噴氣孔之火山景觀，且多處火山具有火山口湖，在二種生態環境完全迥異的火山地區，其間演替的變化，及與環境因子間的相互相關之異同，若能充份研究，將更有助於了解陽明山國家公園火山植物之生態。

陸、誌謝

謹感謝本計劃執行期間陽明山國家公園管理處保育課長李茂宗先生、蕭淑壁小組提供寶貴資料並協助野外調查工作之進行；並感謝台大園藝為教授鄭正勇先生慨然提供儀器設備，以及其助理劉子菁，古美蘭惠予協助土壤分析；同時感謝中興大學植物系教授陳伯中先生協助藻類之鑑定並提供寶貴的意見；此外要感謝助理胡維新、程婉妤、沈君樸、文化大學森林系陳建老、許再文、黃瑞亮、世新專科陳應欽及台灣大學植物系蔣鎮宇、徐德生、陳光超、姜鵬輝等諸位同學，除了在野外協助完成調查、記錄、採樣及拍照等工作外，並於實驗室參與分析資料、鑑定繪圖、製表等工作，使得報告得以順利完成。

柒、参考文献

- Ackerman, M. L. et M. C. Leckevallier 1980. Volcanic material from Mount St Helens in the stratosphere over Europe. *Nature* 287: 614-615.
- Agnew, A. D. Q. 1961. The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. *Journ. Ecol.* 49: 83-102.
- Ankei, T. 1982. Habitat gradient and reproductive habits of the seven *Stellaria* species in Japan. *Bot.Mag.Tokyo.* 94: 35-48.
- Ayazloo, M. et J. N. B. Bell 1981. Studies on the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas. I identification of tolerant populations. *New Phytol.* 88: 203-222.
- Ayazloo, M. , S. G. Garsed et J.N.B.Bell 1982. Studies on the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas.II. Morphological and physiological investigations. *New Phytol.* 90: 109-126.
- Bachelery, P. et al. 1982. Eruption at Le Piton di la fournaise volcanic on 3 February 1981. *Nature* 297: 395-397.
- Baker, C. K. et ,M. H. Unsworth et P. Greenwood 1982. Leaf injury on wheat plants exposed in the field in winter to SO₂. *Nature* 299: 149-151.
- Bilderback, S. E. et C. E. Carlson 1987. Effects of persistent volcanic ash on Douglas-fir in northern Idaho. *For. Serv.Res.Pap.I* NT-380 1-3.
- Billings, W. D. 1940. Quantitative correlations between vegetation changes and soil development. *Ecol.* 22(4): 448-456.
- Biscoe, P. V., M.H.Unsworth et H.R.Pinckney 1973. The effects of low concentrations of sulphur dioxide on stomatal behaviour in *Vicia faba*. *New Phytol.* 72: 1299-1306.
- Bortherson, J. D.et S. R.Rushforth 1988. Zonation patherns in the vascular plant communities of benton hot springs, mono county, California. *Great Basin Naturalist* 1. 47(4): 583-59

- Bradley, R. S. 1978. Volcanic dust influence on glacier mass balance at high latitudes. *Nature* 271: 736-738.
- Brown, K. A. 1987. Chemical effects of pH 3 sulphuric acid on a soil profile. *Wat. Air soil Poll.* 32: 201-218.
- Bryson, R. A. et B. M. Goodman, 1980. Volcanic activity and climatic changes. *Science* 207: 1041-1044.
- Bytnerowicz, A. et O. C. Taylor 1983. Influence of ozone, sulfur dioxide, and salinity on leaf injury, stomatal resistance, growth, and chemical composition of Bean plants. *Journ. Environ. Qual.* 12(3): 397-405.
- Carson, J. L. et al. 1978. Studies of Hawaiian freshwater and soil algae II. algal colonization and succession on a dated volcanic substrate. *Journ. Phycol.* 14(2): 171-178.
- Chang, L. M. 1968. Forest plants of Taiwan. (part II) Forest plant of northeastern Taiwan. *Q. Journ. Chin. For.* 1(2): 12-23.
- Chen, C. H. et Y. J. Wu 1971. Volcanic geology of the Tatun geothermal area, northern Taiwan. *Proc. Geo. Soc. China* 14: 5-20.
- Christiansen, R. H. 1980. Volcanology. *Nature* 285: 531-533.
- Chu, C. E. et G. C. Ling The sulfur mineral of Taiwan. *Qaut. Taiwan Bank.* 8(3): 40-54.
- Cochran, V. L. et al. 1983. The effect of Mount St. Helens' Volcanic ash on plant growth and mineral uptake. *Journ. Environ. Qual.* 12(3): 415-418.
- Cook, R. J. et al. 1981. Impact on agriculture of the Mount St. Helens eruptions. *Science* 211: 16-22.
- Dubay, D. T. et W. H. Murdy, 1983. The impact of sulfur dioxide on plant sexual reproduction: in vivo and in vitro effects compared. *Journ. Environ. Qual.* 12(1): 147-149.

Eggler, W. A. 1941. Primary succession on Volcanic deposits in southern Idaho. Ecol. Mon. 11(3): 277-29

Eggler, W. A. 1958. Plant communities in the vicinity of the volcanic el paricutin, Mexico after two and a half years of eruption. Ecol. 29: 415-436.

Feijtel, T. C. et al., 1989. Salinity and flooding level as determinants of soil solution composition and nutrient content in *Panicum hemitomumj*. Plant and Soil. 114: 197-204.

Frenzen, P.M., M. E.Krasny et L.P. Rigney, 1988. Thirty-three years of plant succession on the Kautz Creek mudflow, Mount Rainier National Park, Washington. Cat. Journ. Bot. 66: 130-137.

Geophysics programs, University of Washington 1980. Eruption of Mt. St Helens: Seismology. Nature 285: 529-531.

Goldberg, D. E. et K. L. Gross, 1988. Distribution regimes of mid-successional old fields. Ecol. 69(6): 1677-1688.

Griggs, R. F. 1933. The colonization of the Katmai ash, new and inorganic a 'soil'. Amer. Journ. Botany. 20: 92-113.

Griggs, R. F., D. Ready, 1934. Growth of liverworts from Katmai in nitrogen-free media. Am. Journ. Bot. 21: 265-277.

Griggs, R. T., 1933. The colonization of the Katmai ash new and inorganic, a "soil". Am. Journ. Bot. 20: 92-112

Halpern, C. B., 1988. Early successional pathways and the resitance and resilien of forest communities. Ecol. 69(6): 1703-1715.

Hara, K. 1983. Some observations on revegetation in solfatara on Mt. Hakkoda. Ecol. Rev. 20(2): 131-135.

Hartt, C. E. et M. C. Neal, 1940. The plant ecology of Mauna Kea, Hawaii. Ecol. 2(2): 237-267.

Hiroki, S. 1979. Ecological studies of the plant communities on the urabandai mudflows. Ecol. Rev. 19(2): 89-112.

Hooper, P. R. et al. 1980. Mount St. Helens ash from the 18 May 1980 eruption: chemical, physical, mineralogical, and biological properties. Science 209: 1116-1126.

Horsman, D. C., T. M. Roberts, et A. D. Bradshaw 1979. Studies on the effect of sulphur dioxide on perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.). Journ. Exp. Bot. 30(116): 495-501.

Horsman, D. C., T. M. Roberts et A. D. Bradshaw, 1978. Evolution of sulphur dioxide tolerance in perennial ryegrass. Nature 276(30): 493-494.

Jotani, Y. et H. Ohba, 1986. *Hibiscus pacificus* Nakai from the volcano group of islands. Japan. Journ. Jap. Bot. 61(4): 79-103.

Kagawa, 1947. 八甲山新湯温泉群之植物生態研究. Ecol. Res. (Jap.) 6(3-4): 227-318.

Katase, M., T. Ushijima et T. Tazaki, 1983. The relationship between absorption of sulfur dioxide and inhibition of Photosynthesis in several plants. Bot. Mag. Tokyo. 96: 1-13.

Katoh, N. 1986. The establishment of *Gaultheria adenothrix* on solfataras of Mt. Arai, Miyagi prefecture. Ecol. Rev. 21(1): 15-20.

Keller, J. 1980. Did the Santorini eruption destroy the Minoan world? Nature 287: 779-.

Kelly, P. M. 1977. Volcanic dust veils and north Atlantic climatic change. Nature 268: 616-617.

Kennedy, R. A. 1980. Ash from Mt. St. Helens. Nature 287: 581.

Kennedy, K. A., P. A. Addison et D. G. Maynard 1988. Effect of elemental sulphur on the vegetation of a lodgepole Pine stand. Environ. Poll. 51: 121-130.

Lewis smith, R.I. 1984. Colonization by bryophytes following recent volcanic activity on an antarctic island. J. Hattori. Bot. Lab. 56: 53-63.

Likens, G.E. et al. 1967. The calcium, magnesium, potassium, and sodium budgets for a small forested ecosystem. Ecol. 48(5): 774-783.

Ludwig, j. A. et J. F. Reynolds 1988. Statistical ecology. Wiley-interscience Press.

Mack, R. N. 1981. Initial effects of ashfall from Mount. St. Helens on vegetation in eastern washington and adjacent Idaho. Science 213: 537-214.

Morra, M. J., W. A. Dick 1988. Atmosperic sulfur deposition to agricultural land in northeastern Ohio. Journ. Environ. Qual. 17(2): 299-304.

Mueller-Dombois, D. et H. Dillenber 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Inc. pp 147.

Murdy, W. H. et H. L. Ragsdale 1980. The influence of relatice humidity on direct sulfur dioxide damage to plant sixual reporduction. Journ. Environ. Qual. 9(3): 493-496.

Noggle, G. R. et G. J. Fritz 1983. Introductory plant physiology 2ed. 環球書社發行.

Numata, M., A. Miyawaki, D. Itow 1972. Natural and semi-natural vegetation in Japan. Blumea, XX(2): 436-481.

Odum, P. E. 1986. chap. 8 Development and evolution in the ecosystem. Basic ecology, pp 441-506. 歐亞書局發行.

Olszyk, D. M. et al. 1988. Soil salinity and ambient ozone: lack of stress interaction for field-grown Alfalfa. Journ. Environ. Qual. 17(2): 299-304.

Rogers, G. et al. 1985. Geochemistry of Holocene volcanic rocks associated with ridge subduction in Baja California, Mexico. *Nature* 315: 389-392.

Stark, N. M. et D. A. Essig 1985. Nutrient release from Mount St. Helens volcanic ash and retention by western montana soil. Research paper INT-338 1-21.

Steubing, L. et A. Fangmeier 1987. SO₂-sensitivity of plant communities in a beech forest. *Environ. Poll.* 44: 297-306.

Takaki, N. 1958. The bryophytic vegetation of Ontake Mountain, central Japan (in Japan). *Jorun. Hattori Bot. Lab.* 20:245-271.

Teujimura, A. 1979. The arrangement of the vegetation of solfataras according to pH value of soils. *Ecol. Rev.* 19(2): 59-65.

Tezuka, Y. 1961. Development of vegetation in relation to soil formation Jap. in the volcanic island of Oshima, Izu, Japan. *Journ. Bot.* 17(3): 371-402

Tsujimura, A. 1982 Early process of degenerantion of *Pinus densiflora* on mud flow Mt. Bandai. *Ecol. Rev.* 20(1): 31-40.

Unsworth, M. H. et P. V. Biscoe, H. Rpinckney 1972. Stomatal responses to sulphur dioxide. *Nature* 239(20): 458-459.

Vallier, L. et al. 1980. Volcanic rocks cored on Hess Rise western Pacific Ocean. *Nature* 286: 48-50.

Vana, J. 1974. Miscellaneous notes on the Alatic Jungermannioideae III. *Journ. Hattori Bot. Lab.* 38: 275-282.

Wilson, G. B. et J. N. B. Bell 1985. Studies on the tolerance to SO₂ of grass populations in polluted areas. III. investtigations on the rate of development of tolerance. *New Phytol.* 100: 63-77.

Wilson, G. B., J. N. B. Bell 1986. Studies on the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas. IV. the spatial relationship between tolerance and a point source of pollution. *New phytol.* 102:563-574.

Winner, W. E. et H. A. Mooney 1980. Responses of Hawaiian Plant to volcanic sulfur dioxide: stomatal behavior and foliar injury. *Science* 210: 7789-790

Yen, T. P. 1970. Petrochemistry of the Pliocene to Pleistocene volcanic rocks of Taiwan. *Proc. Geo. Soc. China* 13: 51-62.

Yen, T. P. 1968. Volcanic geology of the coastal range, eastern Taiwan. *Proc. Geo. Soc. China* 11: 74-88.

Yoshii, Y. 1932. Revegetation of volcano Komagatake after the eruption in 1929. *Bot. Mag. Tokyo.* 46(544): 208-216.

Yoshioka, K. 1933. Volcanic vegetation in Numata M. (ed) *The flora and vegetation of Japan*. Kodansha limited Elsevier scientific publishing company. Press. Chap. 8 pp 237-277.

Yoshioka, K. 1968. Cyclopodium cernuum community, as a fumarole vegetation in the cool temperate zone of Japan. *Ecol. Rev.* 17(2): 115-122.

Yoshioka, K. et al. 1965. Solfatara vegetation at Osoreyama. *Ecol. Rev.* 16(3): 137-151.

Yoshioka, K. 1966. Development and recovery of vegetation since the 1929 eruption of Mt. Komagatake, Hokkaido I, Akdikawa pumice flow. *Ecol. Rev.* 16(4): 271-292.

内政部 1986. 陽明山國家公園. 内政部營建署印製.

内政部, 1986. 陽明山國家公園地質及地形景觀. 内政部.

台灣植物同好會調查 1941. 大屯火山彙植物誌. 大屯國立公園協會.

吉井義次 1939. 火山植物群落之研究(1). 生態學研究. 5(4): 203-276.

吉井義次 1939. 火山植物群落之研究(2). 生態學研究. 5(4): 276-290.

吉井義次 1942. 火山植物群落之研究(2). 生態學研究. 8(2.3): 170-219.

吉井義次 吉岡邦二, 1940. 岩手山"燒走り"之植物群落. 生態學研究. 6(4): 319-327.

竹内亮 1938. 五大連池火山之植物生育に就て. Bull. In st. Sci. Res. 2(2): 196-216.

安詮院貞熊 1924. 台灣森林之變遷. 臺灣山林會報

何春蓀 1975. 台灣地質概論及台灣地質圖說. 經濟部. pp90-977.

佐佐木舜一 1924. 草山, 北投溫泉地之森林植物. 臺灣山林會報, 3: 45-46.

金平亮三 1924. 台灣北部森林樹種之分布とその特徴. 臺灣山林會報, 10: 34-39.

陳肇夏 1987. 陽明山國家公園地形, 地質景觀——火山奇跡. 陽明山國家公園管理處.

森隆也 1927. 硫化水素瓦斯の植物に及ぼす毒作用. Ecol. Res. 4(4): 314-331.

程楓萍 1987. 陽明山國家公園溫泉水資源與利用規劃及管理研究計劃報告. 陽明山國家公園管理處.

黃增泉 1986. 陽明山國家公園植物生態景觀資源. 內政部營建署印製.

張樂民 1986. 台灣之森林植物: 第二部 東北部之森林植物. 中華林學季刊第一卷 第二期. PP12-23.

張仲民 1988. 普通土壤學. 茂昌圖書有限公司發行.

劉棠瑞 1968. 台北市的植物調查. 台北文獻, 第1-5期.

劉棠瑞, 陳明哲 1976. 台灣天然林之群落生態研究(二) 大屯區植群生態之研究. 省立博物館科學年刊 第十九卷 pp1-43.

劉棠瑞, 蘇鴻傑 1978. 大甲溪上游台灣二葉松天然林之群落組成及相關環境因子之研究. 台大實驗林研究報告, 121: 207-239.

劉棠瑞, 蘇鴻傑 1986. 森林生態學. 台灣商務印書館發行.

蔡惠民等 1987. 述說一個火山得故事——陽明山國家公園. 陽明山國家公園管理處.

鄭正勇 1984. 果樹營養分析. 台大園藝係果樹生理研究室.

鄭福田 1988. 陽明山國家公園地熱噴氣對人體影響之調查研究. 陽明山國家公園管理處.

附錄一：大磺嘴33個樣區之植物種類及相對覆蓋度

species	1										2									
	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9		B10	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.卵囊藻屬	+		+				+				+		+		+		+		+	
3.裂絲藻屬																				
4.羽紋矽藻屬																				
5.綠球藻屬																				
6.藍絲藻屬																				
7.火山葉蘚			3 0.04		4 0.45		4 0.18		8 0.27				7 0.25		1 0.87		1 0.5		1 1	
8.台灣芒									1 0.94						1 0.18		1 0.97			
9.五節芒																				
10.鋪地桑																	3 0.33			
11.栗炭																			4 0.11	
12.桔梗蘭																				
13.野牡丹																				
14.芒 箕																				
15.過山龍																				
16.熱帶鱗蓋蕨																				
17.颱風草																				
18.小葉赤楠																				
19.燈檉花																				
20.南燭																				
21.山黃麻																				
22.雷公根																				
23.牛乳糖																				
24.姑婆芋																				
25.火炭母																				

quadrat species	3										4									
	H1		H2		H3		H4		H5		H6		H7		H8		H9		H10	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.卵囊藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+	
3.裂絲藻屬																				
4.羽紋矽藻屬																				
5.綠球藻屬																				
6.顫絲藻屬																				
7.火山葉蘚							$\frac{1}{0.39}$						$\frac{1}{0.37}$							
8.台灣芒	$\frac{1}{0.92}$		$\frac{1}{0.3}$		$\frac{1}{0.77}$		1		$\frac{1}{1}$		1		$\frac{1}{0.46}$		$\frac{1}{0.65}$		1		1	
9.五節芒																				
10.鋪地桑																				
11.栗炭											$\frac{2}{0.19}$				$\frac{1}{0.56}$		$\frac{4}{0.23}$		$\frac{2}{0.25}$	
12.桔梗蘭																				
13.野牡丹																				
14.芒 莢																				
15.過山龍																				
16.熱帶鱗蓋蕨																				
17.鵝風草																				
18.小葉赤楠																				
19.燈檳花																				
20.南燭																				
21.山黃麻																				
22.雷公根																				
23.牛乳榕																				
24.姑婆芋																				
25.火炭母																				

species	5										6									
	H11		H12		H13		H14		H15		H16		H17		H18		H19		H20	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.卵囊藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+	
3.裂絲藻屬																				
4.羽紋矽藻屬																				
5.綠球藻屬																				
6.顫絲藻屬																				
7.火山葉蘚											¹ 0.54									
8.台灣芒	1		1		¹ 0.73		¹ 0.27		1		¹ 0.2		¹ 0.39		¹ 0.73		¹ 0.77		1	
9.五節芒																				
10.鋪地桑											¹ 0.28									
11.栗蕨											¹ 0.77		¹ 0.61		¹ 0.27		² 0.18			
12.桔梗蘭				² 0.32			³ 0.06		³ 0.1											
13.野牡丹																	¹ 0.05		¹ 0.01	
14.芒 莠																				
15.過山龍																				
16.熱帶鱗蓋蕨																				
17.廳風草																				
18.小葉赤蘭																				
19.燈檠花																				
20.南燭																				
21.山黃麻																				
22.雷公根																				
23.牛乳榕																				
24.姑婆芋																				
25.火炭母																				

species	7						8						9						10						11						12					
	S1						S2						S3						S4						S5						S6					
	G	H	S	T	G	H	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T						
1.聚球藻屬																																				
2.卵囊藻屬	+				+																															
3.裂絲藻屬																																				
4.羽紋矽藻屬																																				
5.綠球藻屬																																				
6.顆絲藻屬																																				
7.火山葉蘚																																				
8.台灣芒																																				
9.五節芒	3.2					3.2							3.2							2.4					4					3.2						
10.鋪地黍																																				
11.栗蕨																																				
12.桔梗蘭	8 1.0							2 0.85				4 1.36								5 1.58					3 0.01				9 1.93							
13.野牡丹								3 0.12											1 0.15											1 0.07						
14.芒 荻																									2 0.08											
15.過山龍																												1 0.06								
16.熱帶鱗蓋蕨																																				
17.鵝風草																																				
18.小葉赤蘭																											1 0.38									
19.燈檳花																											1 1.99				3 0.5					
20.南燭			5 2.6				6 1.22							6 1.59					4 2.22									2 0.60			3 1.15					
21.山黃麻																																				
22.雷公根																																				
23.牛乳榕																																				
24.姑婆芋																																				

species	13				14				15			
	S7				S8				S9			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬												
2.卵囊藻屬	+				+				+			
3.裂絲藻屬												
4.羽紋矽藻屬												
5.綠球藻屬												
6.顫絲藻屬												
7.火山葉蘚												
8.台灣芒												
9.五節芒		4				4					4	
10.鋪地黍												
11.粟蕨												
12.桔梗蘭		2 0.47				5 0.76				6 0.99		
13.野牡丹		1 0.21					1 0.06					
14.芒 其												
15.過山龍												
16.熱帶鱗蓋蕨												
17.鵝風草												
18.小葉赤蘭												
19.燈稱花			2 1.12				2 1.45				1 1.84	
20.南燭			3 2.12				1 1.03				2 0.25	
21.山黃麻												
22.雷公根												
23.牛乳榕												
24.姑婆芋												
25.火炭母												

quadrat species	1 6				1 7				1 8				1 9			
	F1				F2				AF1				AF2			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬																
2.卵囊藻屬																
3.裂絲藻屬	+				+				+				+			
4.羽紋矽藻屬									+				+			
5.綠球藻屬									+				+			
6.顫絲藻屬									+				+			
7.火山葉蘚																
8.台灣芒																
9.五節芒		25				25				2 2.44				5 4.12		
10.鋪地黍																
11.栗蕨		6 0.89				1 17.90										
12.桔梗蘭																
13.野牡丹		3 0.8												2 0.2		
14.芒 萁																
15.過山龍																
16.熱帶鱗蓋蕨		1 0.77								10 3.77				8 14.34		
17.颶風草		1 0.03								7 3.74				5 0.43		
18.小葉赤蘭																
19.燈稱花											1 3.08					
20.南燭																
21.山黃麻				4 42.39				9 51.67								1 43.84
22.雷公根										1 0.03						
23.牛乳榕										2 0.05						
24.姑婆芋										3 0.90						
25.火炭母										2 0.04						
26.密花苧麻										12 2.80				4 1.22		
27.粗毛鱗蓋蕨										1 4.45				3 0.65		
28.水冬瓜										7 0.75	3 3.71			3 0.2		
29.艾納香										8 0.60				24 1.36		
30.高粱泡														1 0.13		
31.九節木										5 0.63				2 0.08		
32.山豬肉										1 0.09		3 47.42				
33.山紅柿											1 3.26					
34.小花鼠刺																
35.茜草樹											1 0.28					
36.兩耳草											1 0.23					
37.血桐												1 1.52				2 4.13
38.小葉桑												1 0.66				
39.竹葉草										40				25		
40.日本山桂花										1 0.59						
41.水麻														3 0.72		
42.青葙麻														4 0.62		
43.杜虹花														5 1.45		
44.槭葉牽牛														3 0.74		
45.山葡萄														3 0.04		
46.中國穿鞘														3 0.11		
47.橢圓葉月桃														1 0.24		
48.野桐																1 5.70

位於單位覆蓋度上之數值表株數

附錄二：四磺坪54個樣區之植物種類及相對覆蓋度

species	quadrat										1										2										3										4									
	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9		B10		B11		B12		B13		B14		B15		B16		B17		B18		B19		B20		B21		B22		B23		B24		B25	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H		
1.聚球藻屬	0.03		0.15		0.08		0.13		0.09																																									
2.裂絲藻屬																																																		
3.頸絲藻屬																																																		
4.綠球藻屬																																																		
5.卵囊藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+			
6.羽紋砂藻屬																																																		
7.小囊藻屬																																																		
8.火山葉蘚																																																		
9.鱗葉蘚屬																																																		
10.包氏白髮苔																																																		
11.野牡丹																																																		
12.台灣芒																																																		
13.五節芒																																																		
14.距花黍																																																		
15.陸生珍珠茅																																																		
16.橢圓葉月桃																																																		
17.栗柄金星蕨																																																		
18.栗蕨																																																		
19.芒萁																																																		
20.火炭母																																																		
21.烏毛蕨																																																		
22.姬書帶蕨																																																		
23.大青																																																		
24.拾壁龍																																																		
25.台灣土伏苓																																																		

species	5										6										7										8									
	B13		B14		B15		LH1		LH2		LH3		LH4		LH5		LH6		LH7		LH8		LH9																	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H																
1.聚球藻屬	0.01		0.06				+		+			+			+		+			+			+																	
2.裂絲藻屬																																								
3.圓絲藻屬																																								
4.綠球藻屬																																								
5.卵囊藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+																	
6.羽紋矽藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+																	
7.小叢藻屬							0.05		0.20		0.12		0.2						0.15		0.25		0.06																	
8.火山葉蘚			0.02		0.11		0.14		0.06		0.01		0.06																											
9.鱗葉蘚屬																																								
10.包氏白髮苔																																								
11.野牡丹																																								
12.台灣芒					0.11		0.03		0.10		0.40		0.32		1		0.72		0.38		0.06		1																	
13.五節芒																																								
14.距花黍																																								
15.陸生珍珠茅																																								
16.橢圓葉月桃																																								
17.栗柄金星蕨																																								
18.栗蕨																																								
19.芒萁																																								
20.火炭母																																								
21.烏毛蕨																																								
22.姬書帶蕨																																								
23.大青																																								
24.拾壁龍																																								
25.台灣土伏苓																																								

quadrat species	9			10						11						12							
	HH1		HH2	HH3		HH4		HH5		HH6		HH7		HH8		HH9		HH10		HH11		HH12	
	G	H	G	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																							
2.裂絲藻屬																							
3.頸絲藻屬																							
4.綠球藻屬	+		+		+		+																
5.卵囊藻屬																							
6.羽紋矽藻屬																							
7.小囊藻屬																							
8.火山葉蘚																							
9.鱗葉蘚屬																							
10.包氏白髮苔																							
11.野牡丹																							
12.台灣芒																							
13.五節芒	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
14.距花秦																							
15.陸生珍珠茅																							
16.橢圓葉月桃																							
17.栗柄金星蕨																							
18.栗蕨																							
19.芒萁																							
20.火炭母																							
21.烏毛蕨																							
22.姬書帶蕨																							
23.大青																							
24.拾壁龍																							
25.台灣土伏伶																							

quadrat		13					
species		HH13		HH14		HH15	
		G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬							
2.裂絲藻屬							
3.頸絲藻屬							
4.綠球藻屬		+		+		+	
5.卵囊藻屬							
6.羽紋矽藻屬							
7.小叢藻屬							
8.火山葉蘚						0.38	
9.鱗葉蘚屬							
10.包氏白髮苔							
11.野牡丹			0.62		0.42		0.68
12.台灣芒							
13.五節芒			1		1		1
14.距花黍							
15.陸生珍珠茅							
16.橢圓葉月桃							
17.栗柄金星蕨							
18.栗蕨							
19.芒萁							
20.火炭母							
21.烏毛蕨							
22.姬書帶蕨							
23.大青							
24.拾壁龍							
25.台灣土伏伶							

species	1 4												1 5											
	S1				S2				S3				S4				S5				S6			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬																								
2.裂絲藻屬																								
3.顫絲藻屬																								
4.綠球藻屬	+				+				+				+				+				+			
5.卵囊藻屬																								
6.羽紋矽藻屬																								
7.小叢藻屬																								
8.火山葉蘚	0.04				0.02																			
9.鱗葉蘚屬																								
10.包氏白髮苔																								
11.野牡丹						0.01																		
12.台灣芒																								
13.五節芒		1				1				1				1				1				0.74		
14.距花黍																						3 0.06		
15.陸生珍珠茅																								
16.橢圓葉月桃																								
17.栗柄金星蕨																								
18.栗蕨		2 0.87				1 0.01																		
19.芒萁		1 0.23				0.42				0.22			0.33				3 0.23				4 0.07			
20.火炭母																	0.02							
21.烏毛蕨		2 0.06																						
22.姬書帶蕨						0.01																		
23.大青																								
24.拾壁龍																						1 0.25		
25.台灣土伏伶													0.04									2		
26.菰萋屬		0.02				0.01																		
27.山柰白				1 0.49				1 0.4																
28.銳葉柃木																								
29.薄葉柃木																								
30.柃木		4 0.27				6 0.39																		
31.日本山桂花													1 0.09											
32.紅果金粟蕨																								
33.燈稱花					1 0.01												4 0.2					1 0.04		
34.九節木																								
35.呂宋莢蒾																								
36.白孢子																								
37.紅淡			4 0.13																					
38.山紅柿																		1 0.01				1 0.02	2 0.10	
39.台灣樹參																								
40.山羊耳															2 0.06			2 0.05					2 0.51	
41.奧氏虎皮楠							1 0.07				2 0.1				1 0.17			3 0.2						
42.灰木													1 0.01									1 0.05		
43.樹杞																				1 0.02		1 0.06		
44.大明橘																								
45.茜草樹																								
46.水金京			1 0.08			0.02	1 0.05																	
47.江某																								
48.紅楠																					1 0.01		2 0.03	
49.薯豆																								
50.野桐																								

quadrat	16												17				18				19			
species	S7				S8				S9				F1				F2				F3			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬																								
2.裂絲藻屬													+				+				+			
3.顫絲藻屬																								
4.綠球藻屬	+				+				+				+				+				+			
5.卵囊藻屬																								
6.羽紋矽藻屬																								
7.小叢藻屬																								
8.火山葉蘚																								
9.鱗葉蘚屬	1 0.01				1 0.02								+											
10.包氏白髮苔					0.01																			
11.野牡丹		1 0.03								1 0.02				4 0.01										
12.台灣芒																								
13.五節芒		0.73				0.87				0.8				1 0.01										
14.距花黍														7 0.01										
15.陸生珍珠茅																								
16.橢圓葉月桃		1 0.02				2 0.03								2 0.01			5 0.01							
17.栗柄金星蕨																								
18.栗蕨		1 0.04				7 0.28					5 0.37			3 0.01										
19.芒萁										1 0.01				1 0.01				4 0.01					13 0.01	
20.火炭母																								
21.烏毛蕨																								
22.姬書帶蕨																								
23.大青														3 0.01	1 0.01									
24.拾壁龍													15 0.03									77 0.24		
25.台灣土伏伶			1 0.03										3 0.01					5 0.01		0.09		0.01		
26.菝葜屬																		3 0.01						
27.山柃																								
28.銳葉柃木																			1 0.15				3 0.24	
29.薄葉柃木															1 0.14					0.02				
30.柃木							1 0.09													0.06				
31.日本山桂花														2 0.01	1 0.01			6 0.01				2 0.01		
32.紅果金粟蕨										3 0.02				0.01				2 0.01				1 0.01		
33.燈桐花							1 0.06				1 0.05				4 0.01				3 0.01				2 0.05	
34.九節木		2 0.02				1 0.02	1 0.02			1 0.03				8 0.01	0.21			3 0.01	5 0.17			1 0.01		
35.呂宋莢蒾											1 0.08				1 0.01				2 0.04				3 0.05	
36.白匏子															3 0.02									
37.紅淡														2 0.01	2 0.03	1 0.15		1 0.01	1 0.02	3 0.32				2 0.22
38.山紅柿				2 0.29							2 0.06					3 0.35			1 0.01	3 0.21				1 0.02
39.台灣樹參																						1 0.01	1 0.02	
40.山羊耳				2 0.16			1 0.01																	1 0.03
41.奧氏虎皮楠											1 0.04							1 0.01						
42.灰木							2 0.09													1 0.04				1 0.08
43.樹杞				1 0.03				1 0.1		1 0.01		1 0.03		3 0.01	2 0.05	3 0.49		6 0.01	13 0.16	4 0.12		3 0.01	6 0.17	2 0.05
44.大明橘														2 0.01				5 0.01	1 0.01			4 0.01	4 0.09	
45.茜草樹																		1 0.01						
46.水金京														2 0.01				2 0.01	2 0.01					
47.江某				0.1										1 0.01				6 0.01				1 0.01		2 0.06
48.紅楠				2 0.37				2 0.13				3 0.26		1		3 0.26		1 0.01		4 0.18			1 0.01	3 0.43
49.薯豆								0 0.14																
50.野桐			1 0.05																					

附錄三：竹子湖41個樣區之植物種類及相對覆蓋度

species	1										2									
	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9		B10	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.羽紋矽藻屬					0.06		0.09		0.2				0.03		0.26		0.17		0.17	
3.綠球藻屬																				
4.卵囊藻																				
5.火山葉蘚																				
6.鱗葉蘚屬																				
7.包氏白髮苔																				
8.台灣芒																				
9.五節芒																				
10.桔梗蘭																				
11.過山龍																				
12.野牡丹																				
13.芒 其																				
14.南 燭																				
15.日本山桂花																				
16.高梁泡																				
17.火炭母																				
18.拾壁龍																				
19.栗蕨																				
20.台灣土伏苓																				
21.菰蕨屬																				
22.燈稱花																				
23.紅楠																				
24.江某																				
25.網衣地衣sp1																				

quadrat species	3										4									
	B11		B12		B13		B14		B15		H1		H2		H3		H4		H5	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.羽紋矽藻屬			0.14		0.77															
3.綠球藻屬																				
4.卵囊藻																				
5.火山葉蘚																				
6.鱗葉蘚屬																				
7.包氏白髮苔																				
8.台灣芒											1		1		1		1		1	
9.五節芒																				
10.桔梗蘭																				
11.過山龍																			0.52	
12.野牡丹																				
13.芒 萆																				
14.南 燭																				
15.日本山桂花																				
16.高梁泡																				
17.火炭母																				
18.鈴壁龍																				
19.栗蕨																				
20.台灣土伏苓																				
21.菰蕨屬																				
22.燈檉花																				
23.紅楠																				
24.江某																				

quadrat species	5												6											
	H6		H7		H8		H9		H10		H11		H12		H13		H14		H15					
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H				
1.聚球藻屬																								
2.羽紋矽藻屬																								
3.綠球藻屬																								
4.卵囊藻																								
5.火山葉蘚																								
6.鱗葉蘚屬															0.27									
7.包氏白髮苔																								
8.台灣芒	1		1		1	1		1	1		1		1		1		1		1					
9.五節芒																								
10.桔梗蘭																								
11.過山龍		0.19		0.56		0.54		0.59		0.44														
12.野牡丹																								
13.芒 萁																								
14.南 燭																								
15.日本山桂花																								
16.高粱泡																								
17.火炭母																								
18.拾壁龍																								
19.栗蕨																								
20.台灣土伏苓																								
21.菰莢屬																								
22.燈稱花																								
23.紅楠																								
24.江某																								
25.網衣地衣sp1																								

species	7											
	quadrat			H16			H17			H18		
	G	H		G	H		G	H		G	H	
1.聚球藻屬												
2.羽紋矽藻屬												
3.綠球藻屬												
4.卵囊藻												
5.火山葉蘚												
6.鱗葉蘚屬									0.01			0.03
7.包氏白髮苔												
8.台灣芒	1				1			1			1	
9.五節芒												
10.桔梗蘭												
11.過山龍										0.01		0.26
12.野牡丹												
13.芒 萆												
14.南 燭												
15.日本山桂花												
16.高粱泡												
17.火炭母												
18.拾壁龍												
19.栗蕨												
20.台灣土伏苓												
21.菰蕨屬												
22.燈神花												
23.紅楠												
24.江某												
25.網衣地衣sp1												

竹子湖各樣區植物之單位覆蓋度

quadrat species	8				9				10				11				12				13			
	S1				S2				S3				F1				F2				F3			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬																								
2.羽紋矽藻屬																								
3.綠球藻屬																								
4.卵囊藻																								
5.火山葉蘚																								
6.鱗葉蘚屬	2 1.73				1 0.06																2 0.09			
7.包氏白髮苔																					1 0.04			
8.台灣芒																								
9.五節芒		9				9					9											34.5		
10.桔梗蘭											3 0.28													
11.過山龍											1 0.59													
12.野牡丹																		3 0.16						
13.芒 萁		2 0.87					6 1.15				5 2.29											4 1.29		
14.南 燭							3 0.95				3 1.41					1 6.34							2 2.46	
15.日本山桂花														1 0.17					2 0.22					
16.高粱泡																				2 2.89				
17.火炭母														1 0.19					10 1.80				4 0.31	
18.拎壁龍																						2 0.08		
19.栗蕨		4 1.26												3 6.57					5 7.74				29 12.2	
20.台灣土伏伶																						7 0.29		
21.菝葜屬																								
22.燈稱花																			1 0.10					
23.紅楠																4 23.5								
24.江某																								
25.網衣地衣sp1																								
26.山黃麻																1 10.0					3 19.1			
27.相思樹																4 34.0					4 9.56			
28.銳葉楊梅															1 1.79						1 11.2			
29.薯豆																								1 1.31
30.山紅柿																						1 0.03		1 13.3
31.黑松												1 1.73												45

位於單位覆蓋度上之數值表株數

附錄四：小油坑67個樣區之植物種類及相對覆蓋度

species	1						2						3						4					
	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9		B10		B11		B12	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																								
2.裂絲藻屬																								
3.綠球藻屬																								
4.羽紋矽藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+	
5.頸絲藻屬	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+	
6.卵囊藻屬																								
7.網衣地衣sp1																								
8.網衣地衣sp2																								
9.火山葉蘚	0.25		0.96				0.94				0.17		0.82	/	/		0.36	/						
10.三裂鞭蘚																								
11.鱗葉蘚屬																								
12.羽苔屬																								
13.包氏白髮苔																								
14.五節芒																								
15.台灣芒	1		0.4						0.22		0.61	/	/		0.83		0.62				1		0.29	
16.台灣矢竹																								
17.台灣百兩金																								
18.火炭母																								
19.栗炭																								
20.栗柄金星蕨																								
21.距花索																								
22.紅楠																								
23.台灣樹參																								
24.菝葜屬																								

quadrat species	5						6						7					
	LH1			LH2			LH3			LH4			LH5			LH6		
	G	H		G	H		G	H		H	G	H	G	H		G	H	
1.聚球藻屬																		
2.裂絲藻屬																		
3.綠球藻屬																		
4.羽紋矽藻屬																		
5.頸絲藻屬																		
6.卵囊藻屬																		
7.網衣地衣 sp1													0.02			0.02		
8.網衣地衣 sp2	0.01			0.1												0.26		
9.火山葉蘚	0.43			0.05			0.05			0.21			1			1		
10.三裂鞭蘚																		
11.鱗葉蘚屬																		
12.羽苔屬																		
13.包氏白髮苔																		
14.五節芒																		
15.台灣芒	1			1				0.34		0.65			0.87			1		
16.台灣矢竹																0.92		
17.台灣百兩金																		
18.火炭母																		
19.栗炭																		
20.栗柄金星蕨																		0.06
21.距花黍																		0.06
22.紅楠																		
23.台灣樹參																		
24.菝葜屬																		

species	quadrat										8									
	TH1		TH2		TH3		TH4		TH5		TH6		TH7		TH8		TH9		TH10	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																				
2.裂絲藻屬																				
3.綠球藻屬																				
4.羽紋矽藻屬																				
5.顫絲藻屬																				
6.卵囊藻屬																				
7.網衣地衣 sp1																				
8.網衣地衣 sp2																				
9.火山葉蘚																				
10.三裂鞭蘚																				
11.鱗葉蘚屬																				
12.羽苔屬																				
13.包氏白髮苔																				
14.五節芒	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
15.台灣芒																				
16.台灣矢竹							0.11		0.18											
17.台灣百兩金																1 0.02				
18.火炭母																				
19.栗蕨											0.35									
20.栗柄金星蕨													3 0.04		3 0.06					
21.距花索																				
22.紅楠																				
23.台灣樹參																				
24.菰莢屬																				

species	quadrat															
	TH11		TH12		TH13		TH14		TH15		TH16		TH17		TH18	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																
2.裂絲藻屬																
3.綠球藻屬																
4.羽紋矽藻屬																
5.顛絲藻屬																
6.卵囊藻屬																
7.網衣地衣sp1																
8.網衣地衣sp2																
9.火山葉蘚																
10.三裂鞭蘚	¹ 0.08	¹ 0.11														
11.鱗葉蘚屬																
12.羽苔屬																
13.包氏白髮苔														² 0.25		
14.五節芒	1		1		1		1		1		1		1		1	1
15.台灣芒											¹ 0.02					
16.台灣矢竹																/
17.台灣百兩金																
18.火炭母																
19.栗蕨																
20.栗柄金星蕨	¹ 0.01		² 0.06		¹ 0.01											
21.距花桑											² 0.06		² 0.05		³ 0.17	
22.紅楠																
23.台灣樹參																
24.菰契屬											² 0.03					

species	10													
	quadrat		TH21		TH22		TH23		TH24		TH25		TH26	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬														
2.裂絲藻屬														
3.綠球藻屬														
4.羽紋矽藻屬														
5.頸絲藻屬														
6.卵囊藻屬														
7.網衣地衣sp1														
8.網衣地衣sp2														
9.火山葉蘚														
10.三裂鞭蘚													1 0.01	
11.鱗葉蘚屬														
12.羽苔屬													0.04	
13.包氏白髮苔														
14.五節芒														
15.台灣芒														
16.台灣矢竹	1			1			1		1				1	1
17.台灣百兩金														1 0.01
18.火炭母										1 0.03				
19.栗炭														
20.栗柄金星蕨										4 0.03				
21.距花黍														
22.紅楠									1 0.01				1 0.01	
23.台灣樹參									1 0.01					

species	quadrat															
	TH31		TH32		TH33		TH34		TH35		TH36		TH37		TH38	
	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H
1.聚球藻屬																
2.裂絲藻屬																
3.綠球藻屬																
4.羽紋矽藻屬																
5.頸絲藻屬																
6.卵囊藻屬																
7.網衣地衣sp1																
8.網衣地衣sp2																
9.火山葉蘚																
10.三裂鞭蘚							0.04								0.27	
11.鱗葉蘚屬																
12.羽苔屬																
13.包氏白髮苔																
14.五節芒																
15.台灣芒																
16.台灣矢竹	1		1		1		1		1		1		1		1	1
17.台灣百兩金	0.03												0.02			
18.火炭母																
19.栗蕨																
20.栗柄金星蕨			0.01													
21.距花秦																
22.紅楠																
23.台灣樹參													0.02		0.01	
24.菰莢屬																

小油坑各樣區植物之單位覆蓋度

quadrat species	1 2																			
	F1-1				F1-2				F1-3				F1-4				F1-5			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬																				
2.裂絲藻屬																				
3.綠球藻屬																				
4.羽紋矽藻屬																				
5.顫絲藻屬																				
6.卵囊藻屬																				
7.網衣地衣sp1																				
8.網衣地衣sp2																				
9.火山葉蘚																				
10.三裂鞭蘚																				
11.鱗葉蘚屬		13 0.06				1 0.22											0.08			
12.羽苔屬																				
13.包氏白髮苔																	11 0.14			
14.五節芒		1 0.32							0.02					0.76						
15.台灣芒																				
16.台灣矢竹														2 0.11			1 0.01			
17.台灣百兩金																				
18.火炭母		6 0.06				0.04			0.03											
19.栗蕨						0.07								2 +						
20.栗柄金星蕨						0.02				1 0.01							1 +			
21.距花黍		4 0.36								1 0.16										
22.紅楠																				
23.台灣樹參		1 +												1 +				1 0.2		
24.菝葜屬																				
25.日本山桂花																				
26.台灣胡麻花						4 0.01												4 0.01		
27.鬼杪櫨		1 0.01																		
28.疏花柃木							1 0.02													
29.江某			1 0.02																	
30.生根卷柏						1 0.08														
31.土馬棕										1 0.02										
32.紅鞘苔										1 0.05										
33.灰木			3 0.75					1 0.06			1 0.24								1 0.51	
34.山龍眼																				
35.鼠刺																				
36.樹杞																				
37.昆欄樹																				
38.紅果金粟蘭																				
39.台灣鱗毛蕨																		1 +		

quadrat species	1 3				1 4				1 5			
	F2-1				F2-2				F2-3			
	G	H	S	T	G	H	S	T	G	H	S	T
1.聚球藻屬												
2.裂絲藻屬												
3.綠球藻屬												
4.羽紋矽藻屬												
5.顫絲藻屬												
6.卵囊藻屬												
7.網衣地衣sp1												
8.網衣地衣sp2												
9.火山葉蘚												
10.三裂鞭蘚	4 0.01				1 0.01				1 0.32			
11.鱗葉蘚屬	9 0.01				1 0.02				4 0.01			
12.羽苔屬					1 0.01				1 0.03			
13.包氏白髮苔	6 0.01											
14.五節芒												
15.台灣芒												
16.台灣矢竹						2 0.55						
17.台灣百兩金	10 0.01											
18.火炭母												
19.栗蕨					6 0.02							
20.栗柄金星蕨												
21.距花黍	4 0.02				5 0.01							
22.紅楠										4 0.89		
23.台灣樹參												
24.菝葜屬	13 0.01											
25.日本山桂花		18 0.14										
26.台灣胡麻花												
27.鬼杪櫨						3 0.01						
28.疏花柃木			4 0.01				1 0.01					
29.江某												
30.生根卷柏						1 0.02						
31.土馬棕												
32.紅鞘苔												
33.灰木			3 0.17									
34.山龍眼		1 0.01										
35.鼠刺												
36.樹杞												
37.昆欄樹							2 0.56					
38.紅果金粟蘭		17 0.05										
39.台灣鱗毛蕨					3 0.01							

位於單位覆蓋度上之數值表株數

附錄五：四個噴氣孔樣區內之植物名錄

大磺嘴樣區植物名錄

1. *Synechococcus* spp. 聚球藻屬
2. *Oocystis* spp. 卵囊藻屬
3. *Stichococcus* spp. 裂絲藻屬
4. *Navicula* spp. 羽紋矽藻屬
5. *Chroococcum* spp. 綠球藻屬
6. *Ulothrix* spp. 頸絲藻屬
7. *Jungermannia vulcanicola* Steph. 火山葉蘚
8. *Miscanthus Sinensis* Anders. Var. *formosanus* Hack. 台灣芒
9. *Miscanthus floridulus* (Labill) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒
10. *Panicum repens* L. 鋪地黍
11. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. 栗蕨
12. *Dianella ensifolia* (L.) DC. 桔梗蘭
13. *Melastoma candidum* D. Don 野牡丹
14. *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) 芒萁
15. *Lycopodium cernuum* L. 過山龍
16. *Microlepia speluncae* (L.) Moore. 熱帶鱗蓋蕨
17. *Setaria palmifolia* (Koen.) Stap. 颱風草
18. *Syzygium buxifolium* Hook. et Arn. 小葉赤蘭
19. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈稱花
20. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude. 南燭
21. *Trema orientalis* (L.) Blume. 山黃麻
22. *Centela asiatica* (L.) Urban 雷公根
23. *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛乳榕
24. *Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott & Endl. 姑婆芋

陽明先生全集

25. *Polygonum chinense* L. 火炭母
26. *Boehmeria densiflora* Hook. & Arn. 密花芋麻
27. *Microlepia strigosa* (Thunb.) Presl 粗毛鱗蓋蕨
28. *Saurauia oldhamii* Hemsl. 水冬瓜
29. *Blumea balsamifera* (L.) DC. var. *microcephala* Kitamura 艾納香
30. *Rubus lambertianus* Ser. ex DC. 高粱泡
31. *Psychotria rubra* (Lour.) Poir. 九節木
32. *Meliosma rhoifolia* Maxim. 山豬肉
33. *Deispyros morrisiana* Hance 山紅柿
34. *Itea parviflora* Hemsl. 小花鼠刺
35. *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr. 茜草樹
36. *Paspalum conjugatum* Berg. 兩耳草
37. *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg. 血桐
38. *Morus australis* Poir. 小葉桑
39. *Bplismenus compositus* (L.) P. Beauv. var. *compositus* 竹葉草
40. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi 日本山桂花
41. *Debregeasia edulis* (Sieb. & Eucc.) Wedd. 水麻
42. *Boehmeria frutescens* Thunb. 青芋麻
43. *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花
44. *Ipomoea digitata* L. 槭葉牽牛
45. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Trautv. 山葡萄
46. *Amischotolype chinensis* (N. E. Br.) E. H.
Walker ex Hatusima 中國穿鞘花
47. *Alpinia speciosa* (Wendl.) K. Schum. 月桃
48. *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

四磺坪樣區植物名錄

1. *Synechococcus* sp. 聚球藻屬
2. *Stichococcus* sp. 裂絲藻屬
3. *Ulothrix* sp. 顫絲藻屬
4. *Chroococcum* sp. 綠球藻屬
5. *Ooystis* sp. 卵囊藻屬
6. *Navicula* sp. 羽紋矽藻屬
7. *Microthamnion* sp. 小叢藻屬
8. *Jungermannia vulcanicola* Steph. 火山葉蘚
9. *Taxiphyllum* sp. 鱗葉蘚屬
10. *Leucobryum bowringii* Mitt 包氏白髮苔
11. *Melastema candidum* D. Don 野牡丹
12. *Miscanthus sinensis* Anders. var. *formosanus* Hack. 台灣芒
13. *Miscanthus floridulus* (Labill) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒
14. *Ichnanthus vicinus* (F.M.Bail.) Merr 距花黍
15. *Scleria terrestris* (L.) Fassett 陸生珍珠茅
16. *Alpinia oblongitolia* Hayata 橢圓葉月桃
17. *Parathelypteris japonica* (Bak.) Ching 栗柄金星蕨
18. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J.Nm. 栗蕨
19. *Dicranopteris linearis* Burm.f. 芒萁
20. *Polygonum chinense* L. 火炭母
21. *Blechnum orientale* L. 烏毛蕨
22. *Vittaria angust-elongata* Hayata 姬書帶蕨
23. *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz. 大青
24. *Psychotria serpens* L. 撿壁籠

25. *Smilax lanceifolia* Roxb. 台灣土伏苓
26. *Smilax* sp. 菝葜屬
27. *Sapium discolor* Muell-Arg. 山 柃
28. *Eurya acuminata* DC. 銳葉柃木
29. *Eurya leptophylla* Hayata 薄葉柃木
30. *Eurya japonica* Thunb. 柃木
31. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi 日本山桂花
32. *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai 紅果金粟蘭
33. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈稱花
34. *Psychotria rubra* (Lour.) Poir. 九節木
35. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋莢蒾
36. *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg. 白匏子
37. *Adinandra formosana* Hayata 紅淡
38. *Diospyros morrisana* Hance 山紅柿
39. *Dendropanax pellucidopunctata* (Hayata) Kanehira ex
kanechira & Hatuaima 台灣樹參
40. *Symplocos glauca* (Thunb.) Koidz. 山羊耳
41. *Daphniphyllum glaucescens* Blume subsp. *oldhamii*
(Hemsl.) Huang 奧氏虎皮楠
42. *Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq. 灰木
43. *Ardisia sieboldii* Miq. 樹杞
44. *Myrsine sequinii* L'ev. 大明橘
45. *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr. 茜草樹
46. *Wendlandia formosana* Cowan 水金京

47. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 江某
48. *Machilus thunbergii* Sieb et Zucc. 紅楠
49. *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc. 薯豆
50. *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

竹子湖樣區植物名錄

1. *Synechococcus* sp. 聚球藻屬
2. *Navicula* sp. 羽紋矽藻屬
3. *Chroococcum* sp. 綠球藻屬
4. *Ulothrix* sp. 顫絲藻屬
5. *Jungermannia vulcanicola* Steph. 火山葉蘚
6. *Taxiphyllum* sp. 鱗葉蘚屬
7. *Leucobryum bowringii* Mitt 包氏白髮苔
8. *Miscanthus sinensis* Anders. var. *formosanus* Hack. 台灣芒
9. *Miscanthus floridulus* (Labill) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒
10. *Dianella ensifolia* (L.) DC. 桔梗蘭
11. *Lycopodium cernuum* L. 過山龍
12. *Melastema candidum* D. Don 野牡丹
13. *Dicranopteris linearis* Burm.f. 芒萁
14. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭
15. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi 日本山桂花
16. *Rubus Lambertianus* Ser. ex DC. 高梁泡
17. *Polygonum chinense* L. 火炭母
18. *Psychotria serpens* L. 拾壁籠

19. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J.Nm. 栗蕨
20. *Smilax lanceifolia* Roxb. 台灣土伏苓
21. *Smilax* sp. 菝葜屬
22. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈稱花
23. *Machilus thunbergii* Sieb et Zucc. 紅楠
24. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 江某
25. *Lecideaceae* 網衣地衣 sp1
26. *Trema orientalis* (L.) Blume 山黃麻
27. *Acacia contusa* Merr. 相思樹
28. *Myrica rubra* Nieb. & Zucc. var. *acuminata* Nakai 銳葉楊梅
29. *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc. 薯豆
30. *Diospyros morrisana* Hance 山紅柿
31. *Pinus thunbergii* Parl. 黑松

小油坑樣區植物名錄

1. *Synechococcus* sp. 聚球藻屬
2. *Stichococcus* sp. 裂絲藻屬
3. *Chroococcum* sp. 綠球藻屬
4. *Navicula* sp. 羽紋矽藻屬
5. *Ulothrix* sp. 顫絲藻屬
6. *Oocystis* sp. 囊藻屬
7. *Lecideaceae* 網衣地衣 sp1

8. *Lecideaceae* 網衣地衣sp2
9. *Jungermannia vulcanicola* Steph. 火山葉蘚
10. *Bazzania tridens* (R.B.et N.) Trev. 三裂鞭蘚
11. *Taxiphyllum* sp. 鱗葉蘚屬
12. *Thuidium* sp. 羽苔屬
13. *Leucobryum bowringii* Mitt 包氏白髮苔
14. *Miscanthus floridulus* (Labill) Warb. ex Schum. & Laut. 五節芒
15. *Miscanthus sinensis* Anders. var. *formosanus* Hack. 台灣芒
16. *Sinobambusa kanishii* (Hay.) Nakai 台灣矢竹
17. *Ardisia crispa* (Thunb.) DC.var. *dielsii* (L'ev.) Walker 台灣百兩金
18. *Polygonum chinense* L. 火炭母
19. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J.Nm. 栗蕨
20. *Parathelypteris japonica* (Bak.) Ching 栗柄金星蕨
21. *Ichnanthus vicinus* (F.M.Bail.) Merr 距花黍
22. *Machilus thunbergii* Sieb et Zucc. 紅楠
23. *Dendropanax pellucidopunctata* (Hayata) Kanehira ex
kanechira & Hatuaima 台灣樹參
24. *Smilax* sp. 菝葜屬
25. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi 日本山桂花
26. *Heloniopsis umbellata* Bak. 台灣胡麻花
27. *Alsophila podophylla* Hook. 鬼桫欏
28. *Eurya japonica* Thunb. 柃木
29. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 江某
30. *Selaginella doederleinii* Hieron. 生根卷柏
31. *Pogonatum* sp. 土馬棕

32. *Carex filicina* Nees subsp. *pseudo-filicina* (Hayata)

T. Koyama 紅鞘苔

33. *Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq. 灰木

34. *Helicia formosana* Hemsl. 山龍眼

35. *Itea oldhamii* Schneider 老鼠刺

36. *Ardisia sieboldii* Miq. 樹杞

37. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 昆欄樹

38. *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai 紅果金粟蘭

39. *Dryopteris taiwanicola* Tagawa 台灣鱗毛蕨

陽明山國家公園區內火山植物生態之研究

主 持 人：陳益明

協同主持人：郭城孟

協助研究人員：梁素雲、李克儉、胡維新、黃瑞諒

委託單位：內政部營建署陽明山國家公園管理處

研究單位：臺灣大學植物系

