

建置陽明山國家公園 地質災害資料庫之調查研究(II)

內政部營建署陽明山國家公園管理處

委託研究報告

建置陽明山國家公園
地質災害資料庫之調查研究(II)
(修正本)

受委託者：台灣大學
研究主持人：陳宏宇 教授
協同主持人：林俊全 教授
宋聖榮 教授
研究助理：王瑞斌
陳耀麟
鄭遠昌

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十二年十二月

國家圖書館出版品預行編目資料

書名：建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

編者：陳宏宇、林俊全、宋聖榮

出版機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

台北市陽明山 112 竹子湖路 1-20 號

<http://www.ymsnp.gov.tw>

(02) 2861-3601

出版年月：民國九十二年十二月

版(刷)次：一版

工本費：200 元

陽明山國家公園

摘要

關鍵詞：地質災害、火山地質、不連續面、地質敏感

一、研究緣起

本研究計畫為持續陽明山國家公園管理處委辦之「建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究」的第 II 期計畫。主要是有鑑於民國八十九年之象神颱風、民國九十年之桃芝颱風及納莉颱風期間，陽明山國家公園管理處園區內產生了多處山崩及土石流之地質災害，使園區內之居民蒙受了生命及財產的損失。為有效防制園區內未來地質災害的發生，以及了解園區內的土地利用狀況，便需要先確實的將陽明山國家公園內的各項環境地質資料儘速的予以建立，本期計畫涵蓋了園區內屬於台北市北投區、士林區、內湖區等區域範圍。

二、研究方法及過程

本研究方法大致與第 I 期相同，同樣分成(1)資料收集及補強工作，(2)現場調查工作，(3)地質敏感度分析，以及(4)建置地質災害資訊資料庫等四個階段來進行，其中使用了 17 套 1:5000 之相片基本圖來判讀地質災害的範圍，這也包括了民國九十年納莉颱風後之相片基本圖。整個調查工作包括了十一個項目：(1)土壤厚度分布調查，(2)岩性及地層分布調查，(3)不連續面分布調查，(4)地質構造調查，(5)坡度及坡向分布調查，(6)滲水及地下水分布調查，(7)礦區分布調查，(8)地質材料強度調查，(9)邊坡穩定分析調查，(10)土地開發及聚落分布調查，以及(11)地質災害分布調查。

三、重要發現

本研究計畫之地質敏感評估等級的劃分，仍然遵循著第 I 期之方式：區分為(1)很高、(2)高、(3)中、(4)低，及(5)很低等 5 個等級。從本工作中可以發現，在園區內位於台北市北投區及士林區部份道路開發較多的區域以及本研究區南側之沈積岩與火成岩不整合交界區域，由於不連續面相當發達，構織成潛在性之破壞幾何模狀，都是屬於敏感度較高的區域。其中園區內陽投公路沿線至惇敘商工前鄰近路段，以及園區中央馬槽附近溪谷，發生山崩及土石流的機率頗高。

本計畫的各項調查結果也同時被建置成比例尺 1:5000 之(1)火山地質圖，(2)土壤厚度分布圖，(3)坡度分布圖，(4)坡向分布圖，(5)地下水深度分布圖，(6)地層剖面圖，(7)不連續面投影分布圖，(8)地質災害圖，(9)環境地質圖，以及(10)地質敏感圖等 10 項圖幅，上述圖幅也以地理資訊系統數值化方式全部建立成地質災害資料庫。

四、主要建議

由於分布於本研究區西南側及南側區域的敏感度較弱，也即園區內北投區及士林區部份道路開發較多的區域，以及本研究區南側沈積岩與火成岩不整合交界區域發生坡體崩壞的情形較多，因此為求長期掌握災害變遷的特性，陽明山國家公園管理處應在園區內建立對上述區域及其他地質敏感及災害潛在地區實質系統化之常態監測制度，設置水壓計、觀測井、雨滴譜、影像觀測系統，以及地聲監測系統等儀器，如此才能讓未來的防治對策更加落實。

立即可行之建議

園區內位於仰德大道、陽投公路沿線，以及馬槽地區附近溪流兩旁，應是未來安置各種監測儀器，進行長期監測之重點。陽投公路沿線落石密集區域、馬槽地區溪流兩側上游區域，以及仰德大道相鄰上邊坡的集水區區域，可以選擇適當地點裝設雨滴譜、影像觀測系統，以及地聲監測系統，以建立災害之預警工作，減少災害所帶來的衝擊。

長期性之建議

在土地利用上，建議園區在地質敏感評估為屬於“中”至“很高”的等級時，應以“限制開發”至“禁止開發”的規範方式來保護園區內之生態環境。另外，在不連續面發達，以及地下水位變化較大之集水區區域可選擇適當地點埋設水壓計，或觀測井等儀器，以監測地下水對坡體穩定性之影響。

ABSTRACT

Keywords: geohazard, volcanic geology, discontinuities, geological sensitivity

1. Research background

This research project is carried on the second stage of the Yangmingshan National Park planning at the project of “the geohazard study and database established in the Yangmingshan National Park”. The main purpose explained that the Yangmingshan National Park had occurred terrible disasters of landslides and debris flow during Xangshan, Dorchi and Nari Typhoons. A lot of people lost their properties and life during the typhoon impact. In order to govern the landuse and prevent the disaster, various database of geological environment should be established completely. The research project in the second stage include Peitou, Shilin and Neihu Districts.

2. Research methods

The research methods are following the rules of first stage. There are involved (1) information collection, (2) site investigation, (3) evaluation of geohazard susceptibility, and (4) database system. This study used 17 sets aero photographs in 1:5000 scale for geohazard judgment. This research project includes 11 items of investigation: (1) distribution of soil thickness, (2)petrology and stratigraphy, (3) discontinuities distribution, (4) geological structure, (5) slope grade and slope direction, (6) spring and ground water, (7) natural source, (8) geomaterial strength, (9) slope stability analysis, (10) land development and community distribution, and (11) geohazard distribution.

3. Results

Digital maps showing the characteristics of geological environments were created using site investigation. These maps in 1:5000 scale include (1) geological map, (2) soil thickness map, (3) slope grade map, (4) slope aspect map, (5) distribution of ground water map, (6) stratigraphic profile, (7) stereonet distribution of discontinuity, (8) environmental geology map, (9) geohazard map, and (10) geohazard susceptibility map. Geological susceptibility was evaluated by map overlay. Five grades were distinguished: “very high” , “high” , “medium” , “low” and “very low” . These evaluated results could be used for reference in land use planning and to limit land use development.

4. Conclusion and suggestion

There are some places need to be monitored carefully and periodically. In the southern part of the study area, there are categorized into high sensitive zone because the area is located in the contact boundary of sedimentary and volcanic rock. Along the mountain edge of Yang-Tou freeway, the rockfall normally occurs after high precipitation. And, the debris flow could happen along the Ma-Chou gully.

The geohazard database on the above mentioned should be upgraded the efficiency of the maintenance and controlled in mountain safety. These information also can propose the basic reference for disaster and precaution system. And the database is very useful for the landuse and sustainable development for the Yangmingshan National Park in the future. The results of sensitivity estimation point out that the sensitivity has 5 grades in landuse. There are useful for establishments the monitoring of disaster precaution.

Immediately feasibility suggestions

This research suggests that the study area should set up a series of monitoring system along the catchments of Yam-Ter freeway, Yang-Tou freeway and upper stream of Ma-Chou gully. This monitoring system includes distrometer, video observation system and ground vibration instrument. The establishment of these instruments could be set up a precaution framework.

Long-term periods suggestions

In landuse planning, the study area should set up a development limitation when the area was evaluated in ranging from “medium” to “very high” grades. This framework could be set up a protection for biological environment of the study area. Therefore, the piezometer and observation well could be set up in some catchments of study area for monitoring slope stability in long term periods.

目 次

| | |
|---------------|-----|
| 目次 | I |
| 表次 | III |
| 圖次 | IV |
| 摘要 | VI |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第一節 研究緣起 | 1 |
| 第二節 研究目的 | 1 |
| 第二章 工作內容 | 3 |
| 第一節 工作範圍 | 3 |
| 第二節 工作項目 | 4 |
| 第三節 工作流程 | 5 |
| 第四節 工作進度 | 7 |
| 第三章 研究方法及步驟 | 9 |
| 第一節 資料收集及補強工作 | 9 |
| 第二節 現場調查工作 | 11 |
| 第三節 地質敏感度分析 | 11 |
| 第四章 地質環境概況 | 13 |
| 第一節 地質 | 13 |
| 第二節 地形及水系 | 18 |
| 第三節 溫泉 | 20 |

目次

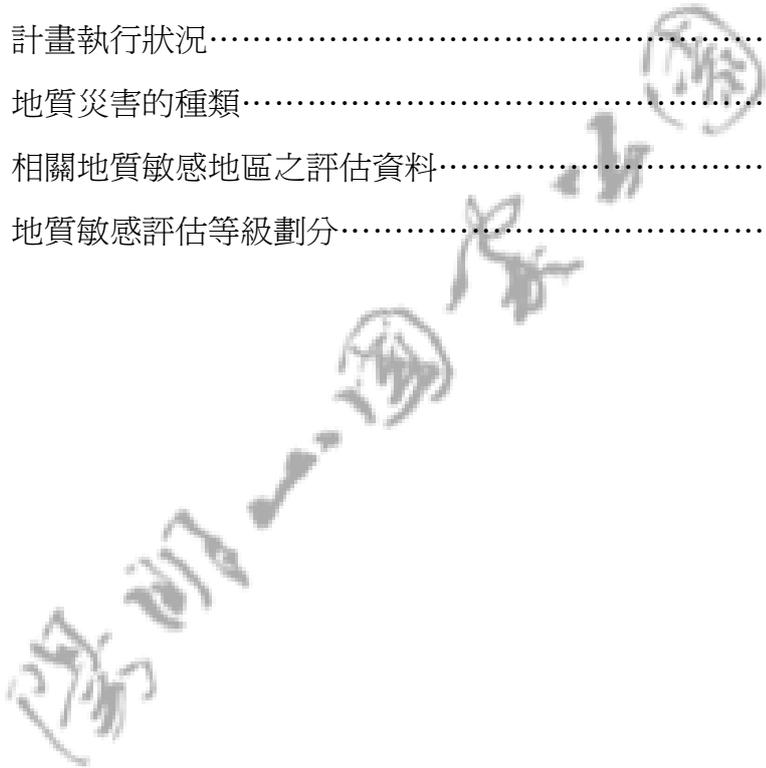
| | |
|---------------|----|
| 第四節 地質災害 | 21 |
| 第五章 地質敏感分析 | 25 |
| 第一節 文獻背景 | 25 |
| 第二節 地質敏感評估 | 28 |
| 第六章 地質災害資料庫 | 31 |
| 第七章 工作執行報告 | 33 |
| 第一節 岩心檢核 | 33 |
| 第二節 航照判釋工作 | 33 |
| 第三節 火山地質圖 | 35 |
| 第四節 土壤厚度分布圖 | 37 |
| 第五節 坡度分布圖 | 39 |
| 第六節 坡向分布圖 | 41 |
| 第七節 地下水深度分布圖 | 43 |
| 第八節 地層剖面圖 | 44 |
| 第九節 不連續面投影分布圖 | 46 |
| 第十節 地質災害圖 | 48 |
| 第十一節 環境地質圖 | 50 |
| 第十二節 地質災害敏感圖 | 51 |
| 第十三節 現場監測 | 53 |
| 第八章 結論及建議 | 61 |
| 附錄一 位態量測資料 | 63 |
| 附錄二 露頭強度量測資料 | 65 |
| 附錄三 現場調查現況 | 67 |

參考書目..... 73



表 次

| | | |
|------|-------------------------------|----|
| 表2-1 | 計畫調查範圍1/5000像片基本圖圖幅名稱及圖號····· | 4 |
| 表2-2 | 本研究計畫工作進度····· | 7 |
| 表2-3 | 計畫執行狀況····· | 8 |
| 表4-1 | 地質災害的種類····· | 22 |
| 表5-1 | 相關地質敏感地區之評估資料····· | 26 |
| 表5-2 | 地質敏感評估等級劃分····· | 29 |



圖次

圖 次

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 圖2-1 | 本研究計畫區域範圍圖 | 3 |
| 圖2-2 | 本研究計畫工作流程 | 6 |
| 圖3-1 | 地質災害資料庫建置流程 | 10 |
| 圖4-1 | 陽明山區域地質圖 | 14 |
| 圖4-2 | 大屯火山區地質圖 | 16 |
| 圖4-3 | 陽明山國家公園地區水系分布圖 | 19 |
| 圖7-1 | 陽明山地區航空照片 | 33 |
| 圖7-2 | 納莉颱風前山仔后鄰近地區航空照片 | 34 |
| 圖7-3 | 納莉颱風後山仔后鄰近地區航空照片 | 34 |
| 圖7-4 | 陽明山國家公園地質圖的岩性地層劃分圖例 | 35 |
| 圖7-5 | 陽明山國家公園部份地質圖 | 36 |
| 圖7-6 | 一般地層所顯示的土壤剖面及其A、B和C三土層 | 37 |
| 圖7-7 | 坡度圖數化示意圖 | 39 |
| 圖7-8 | 本研究區坡度分布圖 | 40 |
| 圖7-9 | 坡向圖數化示意圖 | 41 |
| 圖7-10 | 本研究區坡向分布之資料圖 | 42 |
| 圖7-11 | 本研究區地下水深度分布圖 | 43 |
| 圖7-12 | 地層剖面圖數化示意圖 | 44 |
| 圖7-13 | 本研究區地層剖面圖 | 45 |
| 圖7-14 | 不連續面分布圖數化示意圖 | 46 |

圖次

| | |
|------------------------------|----|
| 圖7-15 本研究區不連續面分布圖····· | 47 |
| 圖7-16 地質災害圖數化示意圖····· | 48 |
| 圖7-17 本研究區地質災害圖····· | 49 |
| 圖7-18 本研究區環境地質圖····· | 50 |
| 圖7-19 地質災害敏感圖數化示意圖····· | 51 |
| 圖7-20 本研究區地質災害敏圖····· | 52 |
| 圖7-21 雨滴譜室外配置圖····· | 55 |
| 圖7-22 室外感應器····· | 55 |
| 圖7-23 室外即時資料處理系統····· | 56 |
| 圖7-24 室內使用者終端機····· | 57 |
| 圖7-25 傳回使用者終端機之資料格式····· | 57 |
| 圖7-26a 地聲監測系統主要設備：地聲監測儀····· | 59 |
| 圖7-26b 地聲監測儀放置於野外欲觀測之地點····· | 59 |

第一章 緒論

第一節 研究緣起

本研究報告為持續陽明山國家公園管理處委辦之「建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究」之第二期計畫。工作的範圍是將園區內屬於台北市北投區、士林區、內湖區等地區列為本期之研究主體。本研究計畫之衍生主要是鑒於民國 89 年 10 月之象神颱風，以及民國 90 年 7 月和 9 月之桃芝及納莉颱風挾帶了豐沛雨量的侵襲，使園區內產生多處山崩及土石流災害，不僅嚴重威脅園區內居民之生命及財產安全，亦對園區內之環境產生重大的破壞。因此，民國 91 年起，陽明山國家公園管理處即著手建立一套完整詳盡之地質災害資料庫，希望藉由此資料庫的建立，於未來園區內與可以在區內土地利用規劃時，以及地質災害防治提供完整而確實的地質背景資料，以期將地質災害的損失減到最低的地步。

第二節 研究目的

爲了讓園區內整體性之工作可以持續一貫，因此，陽明山國家公園管理處相對於園區內人口聚落較多，而且屬於台北市區域範圍內，也希望能延伸上年度的方式，繼續對地質環境評估及地質災害防治所需的地質特性，再次建構園區內大比例尺（1:5000）之環境地質圖、地質災害圖、地質災害敏感圖及各種基本資料圖等，同時利用 GIS 建置數位化的環境地質資料庫，以建立方便檢索及分析的園區環境地質資訊系統，並避免不利之地質因素可能危害園區的永續經營。本期末報告包括了本研究計畫之工作內容、工作進度及

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

執行概況。



第二章 工作內容

第一節 工作範圍

本第二期調查區域為園區內屬於台北市（士林區、北投區、內湖區）範圍內地區（圖 2-1）。本期所使用之像片基本圖幅名稱及圖號如表 2-1 所示。而航空照片判釋之使用對比大致包括民國 75 年、民國 83 年以及民國 91 年（納莉颱風後）等 3 個不同年度涵蓋 16 年間之資料，但主要之航照對比資料是以納莉颱風前後兩者之航照為主，共包括了 17 套航空照片。

圖 2-1 本研究計畫區域範圍圖

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

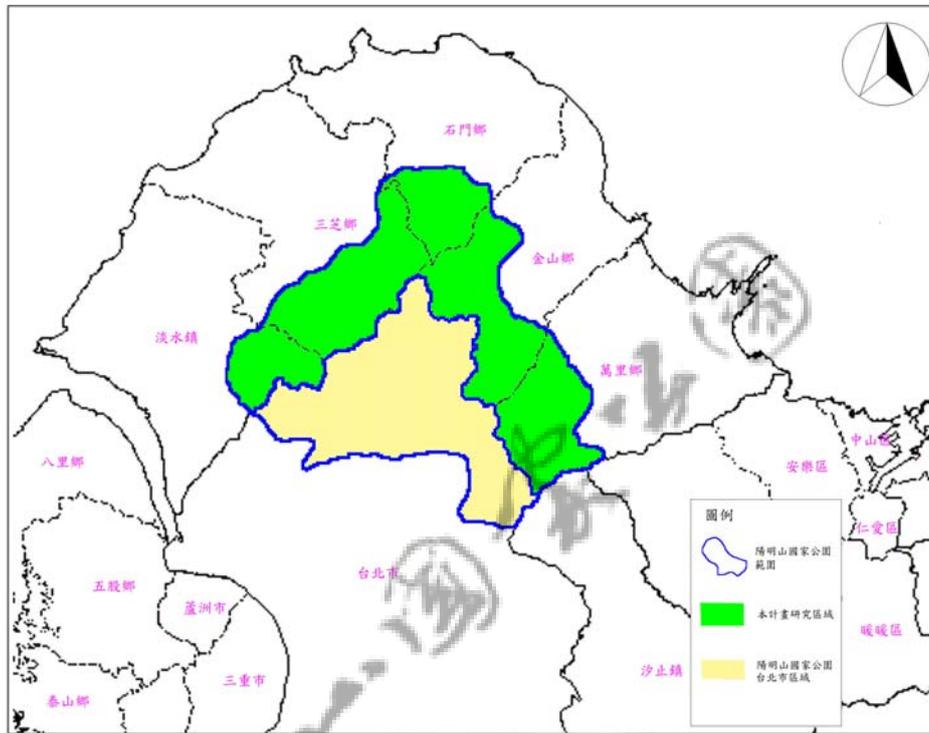


表 2-1 計畫調查範圍 1/5000 像片基本圖圖幅名稱及圖號

| 圖名 | 圖號 | 圖名 | 圖號 |
|-----|---------------|-----|---------------|
| 大屯山 | 9723-III-021 | 新北投 | 9723- III-041 |
| 頂湖 | 9723- III-022 | 山仔后 | 9723 III-042 |
| 馬槽 | 9723- III-023 | 大莊子 | 9723-III-043 |
| 磺嘴山 | 9723-III-024 | 內雙溪 | 9723-III-044 |
| 磺山 | 9723-III-025 | 五指山 | 9723-III-045 |
| 十八份 | 9723-III-031 | 石牌 | 9723-III-051 |
| 陽明山 | 9723-III-032 | 故宮 | 9723-III-052 |

| | | | |
|-----|--------------|--------|--------------|
| 冷水坑 | 9723-III-033 | 雙溪中央社區 | 9723-III-053 |
| 冷水堀 | 9723-III-034 | | |

第二節 工作項目

本計畫調查包括了十一個工作項目：

- (1) 土壤厚度分布調查。
- (2) 岩性及地層分布調查。
- (3) 不連續面分布調查。
- (4) 地質構造調查。
- (5) 坡度及坡向分布調查。
- (6) 滲水及地下水分布調查。
- (7) 礦區分布調查。
- (8) 地質材料強度調查。
- (9) 邊坡穩定分析調查。
- (10) 土地開發及聚落分布調查。
- (11) 地質災害分布調查。

上述各項調查工作的結果將會在本計畫內建置比例尺 1:5000 之下列圖幅：

- (1) 火山地質圖。
- (2) 土壤厚度分布圖。
- (3) 坡度分布圖。
- (4) 坡向分布圖。

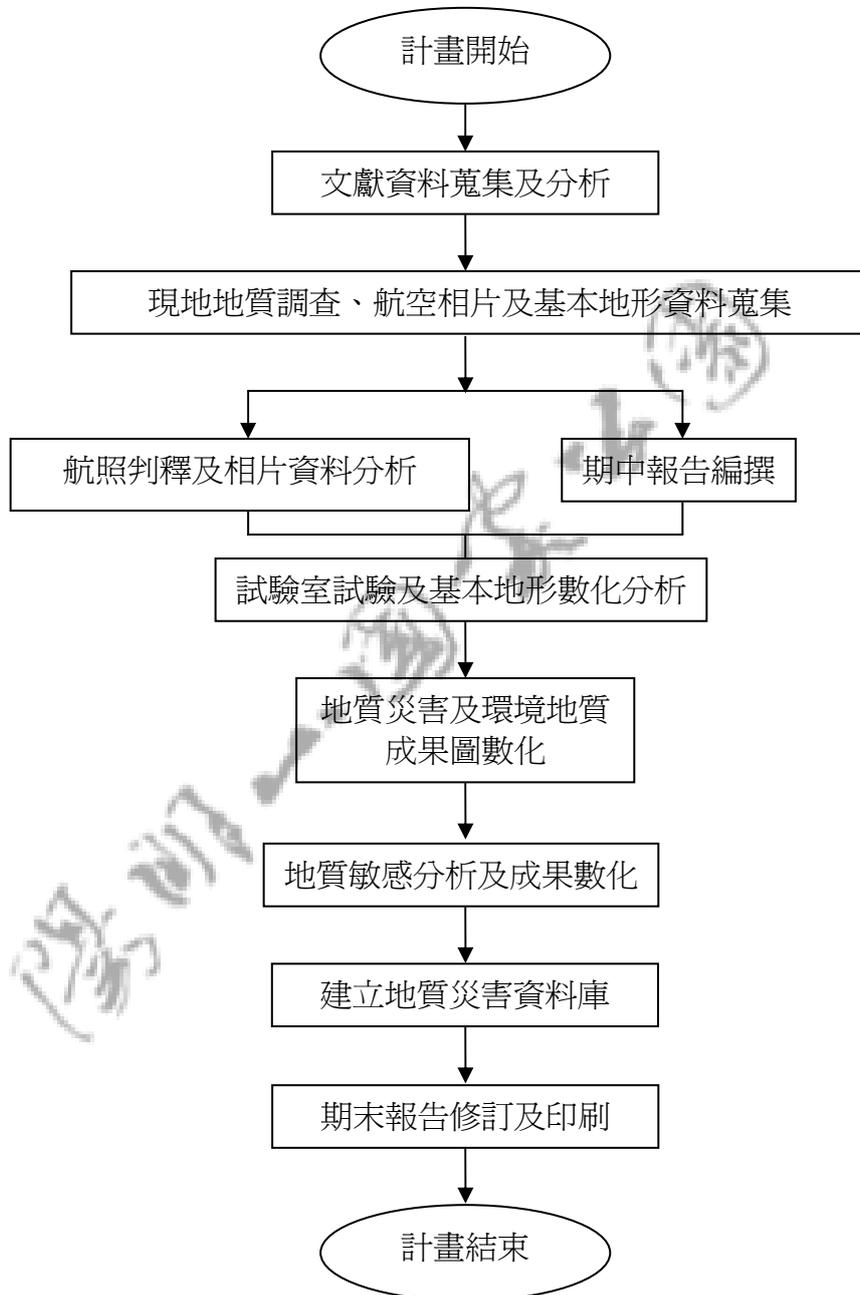
建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

- (5) 地下水深度分布圖。
- (6) 地層剖面圖。
- (7) 不連續面投影分布圖。
- (8) 地質災害圖。
- (9) 環境地質圖。
- (10) 地質災害敏感圖。

第三節 計畫流程

本計畫流程是從文獻資料蒐集、航空照片判釋、現場地質調查及鑽探岩心檢核工作開始，然後加上試驗室之地質材料試驗，以及地質災害資料庫的建立等一系列的後續工作，其流程大致如圖 2-2 所示。

圖 2-2 本研究計畫工作流程



第四節 計畫進度

本研究計畫自簽約日起開始執行各項調查工作，依照合約要求，將於同

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

年（民國 92 年）12 月底前完成。茲將本研究計畫之達成狀況與執行之情形列於表 2-2 中。

表 2-2 本研究計畫工作進度

| 工作項目 | | 月次 | 第 1 月 | 第 2 月 | 第 3 月 | 第 4 月 | 第 5 月 | 第 6 月 | 第 7 月 | 第 8 月 | 第 9 月 | 第 10 月 | 第 11 月 | 第 12 月 | 備註 |
|--------------|--------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 資料收集 & 補強工作 | 文獻收集分析 | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | 航空照片判釋 | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | 空中照片解析 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 現場調查 | 地表地質調查 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| | 露頭強度調查 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 建立地理資訊系統 | (1)火山地質圖 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | (2)土壤厚度分布圖 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | (3)坡度分布圖 | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| | (4)坡向分布圖 | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| | (5)地下水深度分布圖 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | (6)地層剖面圖 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | (7)不連續面投影分布圖 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | (8)地質災害圖 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | (9)環境地質圖 | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | (10)地質敏感圖 | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 撰寫報告 | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| 預定進度累計百分比(%) | | | 2 | 6 | 16 | 26 | 34 | 42 | 56 | 70 | 82 | 90 | 98 | 100 | |

表 2-3 計畫執行狀況

第二章 工作內容

| 工作項目 | | 未開始 | 執行中 | 執行完成 | 進度, % | 達成率, % |
|---------------------------|--------------|-----|-----|------|-------|--------|
| 資料 收集 & 補強 工作 | 文獻收集分析 | | | √ | 100 | 100 |
| | 航空照片判釋 | | | √ | 100 | 100 |
| | 空中照片解析 | | | √ | 100 | 100 |
| 現場 調查 | 地表地質調查 | | | √ | 100 | 100 |
| | 露頭強度調查 | | | √ | 100 | 100 |
| 建立 地理 資訊 系統 | (1)火山地質圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (2)土壤厚度分布圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (3)坡度分布圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (4)坡向分布圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (5)地下水深度分布圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (6)地層剖面圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (7)不連續面投影分布圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (8)地質災害圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (9)環境地質圖 | | | √ | 100 | 100 |
| | (10)地質敏感圖 | | | √ | 100 | 100 |
| 報 告 | 期末報告 | | | √ | 100 | 100 |
| | 圖檔及光碟片 | | | √ | 100 | 100 |

第三章 研究方法及步驟

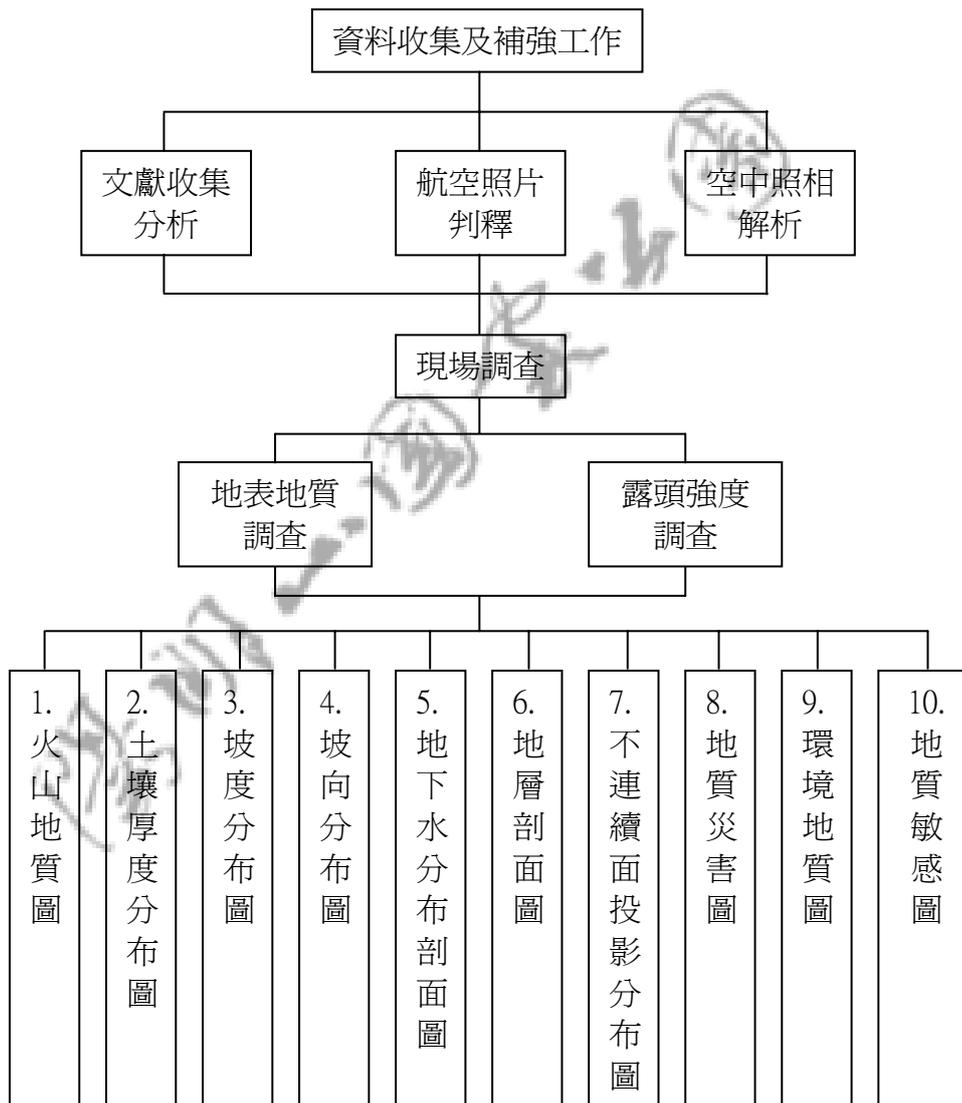
本研究計畫共分成四個階段來進行，從資料收集及補強工作開始，然後進行現場調查及地質災害敏感度分析的工作，最後則是將本研究計劃的圖幅建置成地質災害資料庫（圖 3-1）。

第一節 資料收集及補強工作

本階段工作包括了（一）文獻收集分析，（二）航空照片判釋，以及（三）空中照相分析。

- 一、文獻收集分析：將陽明山國家公園過去有源自政府單位，學術機構及民間單位的出版品之相關地質、岩心鑽探、水文、地形或研究計畫等文獻資料收集後進行分析。
- 二、航空照片判釋：以農林航空測量所近 10 年來拍攝不同年度之航空照片，以及民國 89 年象神颱風和民國 90 年納莉颱風後新拍攝之航空照片一齊進行比對，來判釋地貌表徵之變化狀況，將結果繪製於 1:5000 之地形圖內。
- 三、空中照相分析：本計畫收集了納莉颱風侵襲後，某些重點區域曾利用高處或小飛機低空拍攝之相片，以較大比例尺之空中照相解析方式來瞭解山崩、土石流等地質災害的地貌特性。

圖 3-1 地質災害資料庫建置流程



第二節 現場調查工作

- 一、地表地質調查：以現場地質調查的方式，將本計畫第二期範圍內岩石的分布、土壤厚度的分布、不連續面的分布、地質構造的延伸，以及山崩、土石流的分布情形，進行全面性的探討。上述這些調查結果之定位及繪製圖幅是以雷射測距儀及衛星定位系統（GPS）相互搭配完成。
- 二、露頭強度調查：將園區第二期範圍內之表層土壤，或各不同岩性之岩石的露頭，或分布於岩石間之基質材料分別以司密特錘（Schmidt）來進行貫入試驗，以瞭解其強度的分布狀況。

第三節 地質敏感度分析

此工作主要是根據該土地所具有各項地質環境特性的條件來進行，評估的結果可以作為土地利用規劃型態上“適宜與否”的參考，也即可以提供土地開發上潛力價值之分析決定，同時可以作為土地開發上某種限制程度之參考。而這些地質環境特性評估的各項因子必須依照地質調查的工作來進行。

上述現場調查的結果及圖幅的繪製，主要是依據陽明山國家公園管理處所提供之 1:1000 基本等高線地形圖為主，將其數值化後，並轉繪成 1:5000 之數化圖檔。同時現場所進行之這些調查的研判結果也都一併繪製於 1:5000 之圖檔及數化資料庫內。而本計畫所有圖幅內之座標系統，皆使用二度分帶座標系統 TWD67 來進行。

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



第四章 地質環境概況

第一節 地質

陽明山國家公園主要由大屯山火山群構成，大屯山火山群之火山岩與上新世及中新世沈積岩層以交角不整合的關係接觸。大屯山火山群中共有火山及火山丘二十餘座，熔岩流 15 層以上，並夾有許多凝灰角礫岩層（陳肇夏等，1971）。

大屯山火山群為第四紀火山活動時構成，多以中新世地層為其基盤，從大約 280 萬年前起陸續噴發，直到約 20 萬年前才停止，依據噴發前後順序，可概略分為二期。第一階段從 280 萬年前一直續到 250 萬年前，僅有原始大屯山的噴發所形成的火山岩零星散佈於大磺嘴一帶，火山噴出量相當少，顯示此一時期的應力還是處於擠壓的狀態。第二階段之噴發涵蓋了大部份火山地區，噴發時間為 80 萬至 20 萬年，整個大地應力已經由擠壓的狀態，轉變為張力的狀態，使得岩漿容易上升到地表。這個時期的火山噴發活動規模很大，大都集中在 70~50 萬年之間，大屯山火山群都在此期中形成，差不多在 20 萬年前，最後一波的火山噴發活動，才結束整個火山活動（宋聖榮，1999）。

綜合各期火山活動，火山大抵沿東北走向之地殼弱線噴發，岩性多屬安山岩類之火成岩。在地體構造上，火山岩分布的範圍為崁腳斷層西北側至金山斷層間，顯示斷層走向、分布與火山的排列分布、溫泉活動有著密切的關係（圖 4-1）。

本區構造線以兩條大斷層為主，一條是金山斷層，自金山向西南延伸經過大屯山火山群的中心部分。另一為崁腳斷層，自萬里延伸經過崁腳，幾乎在

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

火山岩與南邊中新世底盤岩層的交界上。金山斷層約呈北東走向，為台灣西部麓山帶之前鋒逆斷層之一。本斷層在金山西北之磺溪河谷穿過，全部為金山三角洲之沖積層所掩覆。東北延伸進入海域，西南延伸至大屯火山群，並無明顯露頭出露。此斷層可能更向西南延伸而和新莊斷層相接。



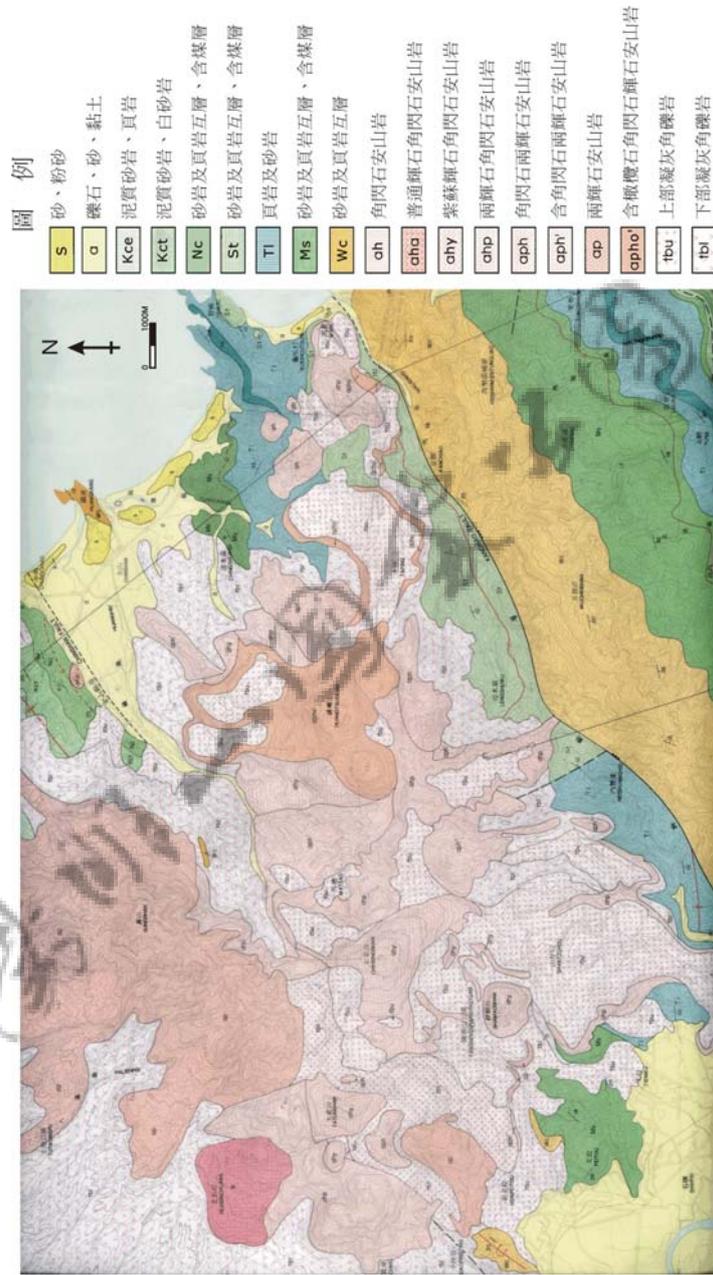


圖 4-1 陽明山區地質圖（摘錄自地調所，1998）

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

崁腳斷層位於金山斷層之東南，為一規模較大之逆掩斷層，主要走向北60°東。北自萬里海岸起，南至台北士林附近為止，長二十餘公里。斷層上盤為五指山層之下部；下盤由石底層組成，在接近台北盆地時為木山層，層位落差最大可達二千公尺以上。

大屯火山群大多屬於層狀火山，共有火山與火山丘二十餘座，火山岩流與凝灰角礫岩層層相疊（圖 4-2）。

(1) 火山岩流

多以厚層熔岩層出露，主要分佈於火山地帶之中央部份，為構成火山之主體。其岩流分布地帶常在海拔高度 200 公尺以上地區。熔岩有灰、黑、紫、淺紅等色，前後噴發共計有十五層以上，岩性多為安山岩類，厚度隨處而異，大部分都在數十公尺，最厚者可達 300 公尺以上。

(2) 凝灰角礫岩

主要是分布在火山周緣，或覆蓋於火山岩流之上部或夾於其中，厚度變化可從數公尺至 300 公尺以上。此角礫岩為火山碎屑之堆積，由略帶稜角，大小不一之安山岩岩塊，以及顆粒細之凝灰岩、泥砂等夾雜混合構成，一般膠結良好。根據各地區凝灰角礫岩與各主要岩流之相對層位關係，可以分為下部凝灰角礫岩，大屯山凝灰角礫岩，及上部凝灰角礫岩。下部凝灰角礫岩位於主要岩流之下，普遍存在於各火山之附近，表示火山噴發一度極為強烈。大屯山凝灰角礫岩夾於主要岩流之間，分布於大屯山附近。上部凝灰角礫岩位於主要岩流之上，常覆蓋於地形較平緩或岩流之上方。

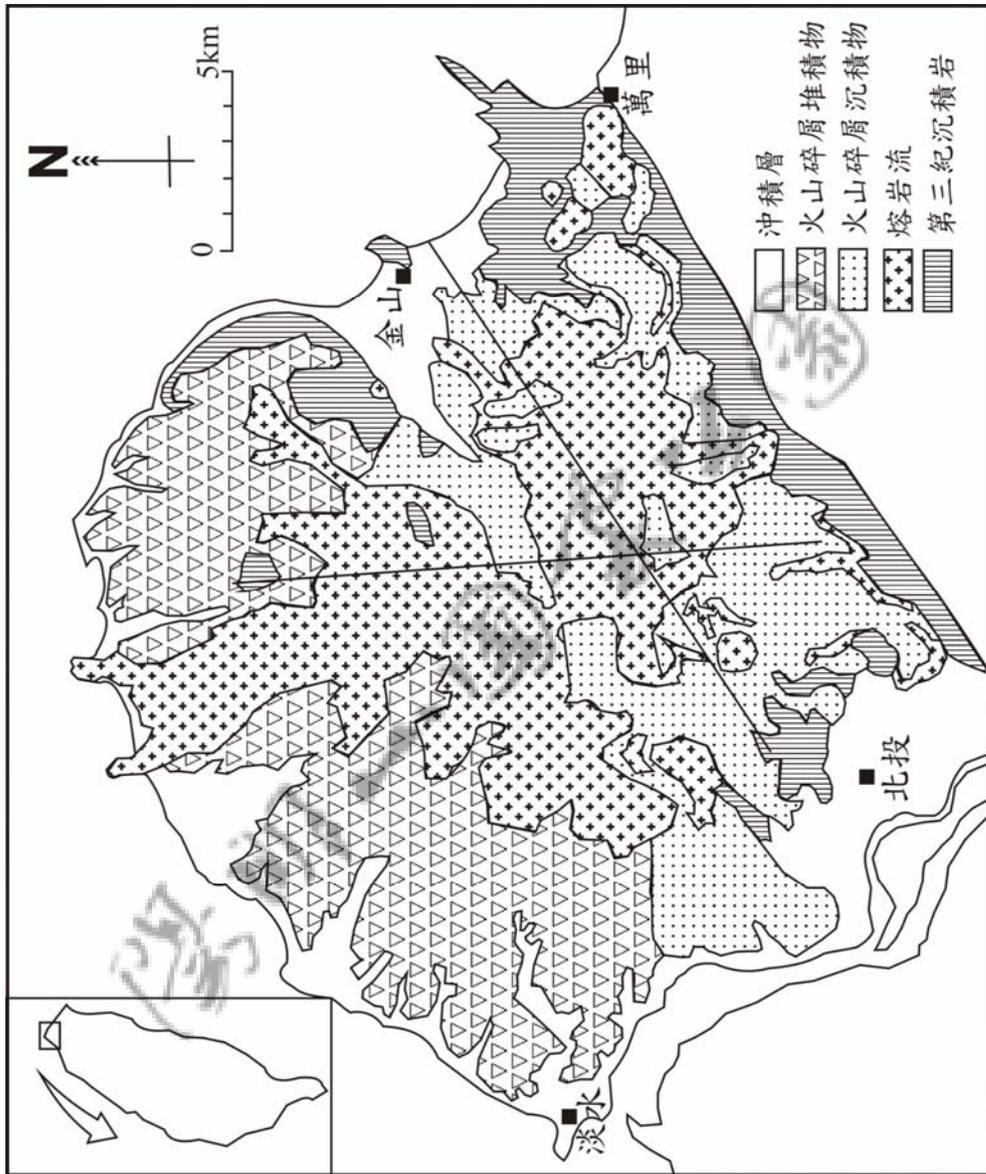


圖 4-2 大屯火山區地質圖

(3) 五指山層

本層大部份出露於北投貴子坑和竹子山腳下等局部地區。以中粒至粗粒堅硬礫石質白砂岩為主，夾有中至薄層炭質頁岩，並含薄層煤，具大型槽狀

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

交錯層構造及粒級層構造，為三角洲沖積平原及河道的堆積產物。受金山斷層逆衝之影響，形成一西北翼倒轉之背斜，岩層顯得相當破碎。另一方面又受後火山熱水蝕變的影響，使砂岩之膠結疏鬆。出露於竹子山腳下的五指山層，由數個巨大岩塊所組成，常被火山岩所包圍，或是以不整合殘留於桂竹林之上，為金山逆衝斷層作用下的產物。

(4) 木山層

主要出露於北投、外雙溪以及金山沖積平原東側。以白色中粒至細粒石英的砂岩為主，呈厚層或塊狀，偶有明顯之交錯層理及暗紅色氧化鐵結核。灰黑色頁岩為另一較發達之岩層，常與砂岩構成互層。本層抗風化侵蝕能力較其他岩層強，故常見陡峭的岩壁。砂岩以長石質砂岩為主，有時呈塊狀厚層，多見於本層之中部及底部。頁岩為深灰色或黑灰色，常含有炭質物。砂岩中具有交錯層、波痕等淺水沉積構造，為濱海相的沉積物。

(5) 白土

主要產地分布在竹子湖至金山間，陽金公路兩側，主要是由換水作用而成「白土」。其化學成份中， SiO_2 達 85~95%。其成因為安山岩受熱水變質換體，帶去 Na_2O ， K_2O ， Al_2O_3 ， SiO_2 等成份，殘留 SiO_2 成份所致，外觀為多孔質，雪白色，而比重較低的土塊礦產。這種白土均產於火山地帶，礦床較為不規則，規模較小為特徵。此種白土可為玻璃業及陶瓷業之原料。

從上述之地質材料分布狀況可以了解，園區內主要之岩性除了為火成岩體組成外，分布於南側陽投公路沿線區域則有沈積岩的出露。由於該區正好位於龍鳳谷古道沿線，故本研究區建議園區可利用此古道編製成不同的地質導覽資料，供民眾在郊遊及踏青之同時，也可以瞭解園區內不同岩石種類的分布特色。另外，七星山以及大屯山步道，為環繞著七星山，以及大屯山，

此兩座山脈皆由於火山作用所造成，故本研究也建議於這兩條步道沿線，可同樣編製相關的火山的背景資料，讓民眾瞭解園區內火山的故事，寓教於樂。

第二節 地形及水系

(1) 地形

陽明山國家公園園區主要包含有火山構成之山峰或山丘廿餘座，主要的火山約有 20 座，可分為大屯山、竹子山、七星山、燒庚寮山、內寮山、磺嘴山、南勢山與丁火宿山等八個火山亞群。高度大多在 800 公尺至 1100 公尺之間，七星山標高 1120 公尺，為園區內最高峰，大屯山是大屯山脈的第三峰，海拔 1081 公尺，和七星山相連綿延西北。面天山與向天山位於大屯山火山群中西邊的高山，與向天湖聚集一起，其中面天山海拔 977 公尺，向天山與面天山隔鞍對峙，海拔 980 公尺。

大屯火山主要地形有火山體、火山口、熔岩台地及斷層崖等。火山體大都呈圓錐形，部份頂部尚有火山口之遺跡，在七星山及磺嘴山之周圍尚有由後火山活動作用所造成之爆裂火口、硫氣孔、噴氣孔等，為硫氣及溫泉水溢出之處。陽明山國家公園內的火山都以複式火山為主，如七星山、小觀音山、大屯山、竹子山及磺嘴山等。複式火山的外形呈圓錐狀，上部坡度較陡，下部較平緩，是由熔岩流和火山碎屑岩交替噴出成互層所形成，又稱為層狀火山，頂部具有明顯的火山口。

熔岩台地是火山熔岩隨地形坡度往下流時，在火山體外緣所構成寬平的台地，此種台地常呈階狀，代表不同時期的熔岩流所形成。一般而言，越外圍的階地，其形成的時間越。陽明山國家公園內的熔岩台地共有興福、中青磐、面天坪、曲圍、馬槽、風坪、八煙、鹿堀坪及擎天崗等九個（宋聖榮，

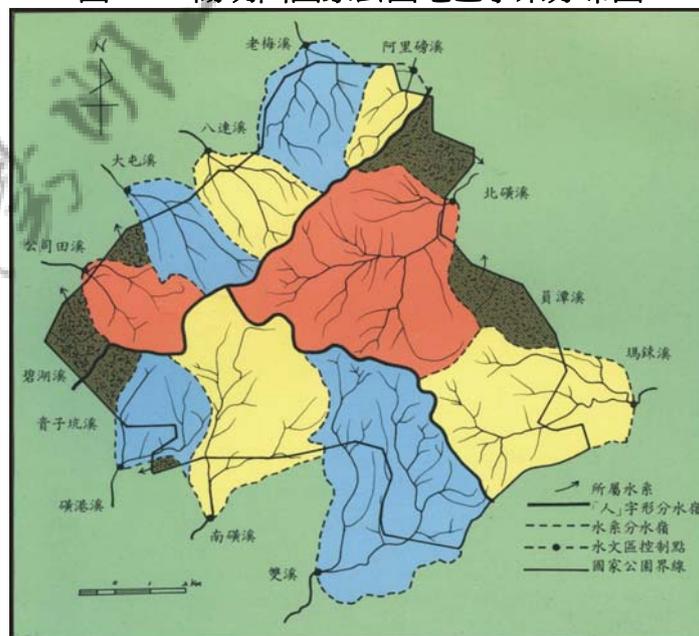
建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

1999)。至於斷層崖最顯著的地區為馬槽地區產生陷落帶，主要分布於七星山及磺嘴山之間，其斷層走向、分布與火山的排列分布、溫泉活動有著密切的關係（李清瑞等，1994）。

(2) 水系

陽明山國家公園境內的河流多發源於竹子山、七星山及大屯山一帶，呈放射狀水系（圖 4-3），自火山群高區向四方奔流，屬上游河段，由於各流域的源頭大多位於較高的海拔，而且大部份的流程皆較短小，因此，多造成 V 字形峽谷，並形成峽谷、瀑布的地形，如絹絲瀑布、楓林瀑布、不動瀑布和陽明山瀑布、聖人瀑布等。陽明山國家公園可分成公司田溪、貴子坑溪、興福寮溪、南磺溪、阿里磅溪、北磺溪等六大流域，分別向北注入大海及向南注入基隆河。

圖 4-3 陽明山國家公園地區水系分布圖



（摘錄自文化大學，1988）

第三節 溫泉

陽明山國家公園主要為火山群所構成，雖然火山活動早已停止，但是屬於火山後期後期的噴氣孔以及溫泉活動仍然十分普遍，由於存在於地表之下熱水長期與火成岩體接觸，並在岩體中產生換質作用，使得整個岩體的物理及化學性質改變，形成陽明山國家公園內的另一項環境的獨特性。

溫泉及噴氣孔在陽明山國家公園的轄區內主要是分佈在北投與金山之間，大致上為一個長約 18 公里、寬約 3 公里的狹長地帶，包括了新北投、大磺嘴、大庄、陽明山、竹子湖、小油坑、馬槽、大油坑、三重橋、死磺子坪、更子坪、金山及大埔等 13 個地區。其中噴氣孔顯示較為強烈的地區包括了小油坑、馬槽、大油坑、死磺子坪、更子坪等地，而大磺嘴、陽明山、竹子湖、三重橋等地，其噴氣孔顯示得則較為軟弱。新北投、大庄、金山及大埔等地則只有高溫或中溫溫泉，並無噴氣孔存在，而熱水換質帶多半分佈於竹子湖以及小油坑以北地區。

溫泉主要是由地面水下滲至地層，在地層內受熱後，透過孔隙較大的岩石湧出於地表上所形成。由於地層中含有豐富的火山物質及礦物質，因而在地下水流動的過程中滲入不同的礦物質，使得不同地區的地下水性質略有差異。本園區內的溫泉性質大體上可以分成三類。

(A) 酸性硫酸岩氯化溫泉：

- 1.由地表下之熱水滲入火山氣體，酸化後又混入少量地表水而成，一般含有硫酸的比例甚高。
- 2.pH 值介於 1.3 至 3.9 之間，多數在 2 以下。
- 3.溫度介於 45°C 至沸點不等。
- 4.本研究區位於新北投、馬槽、金山與大埔等地溫泉屬於此類。

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

(B) 低濃度酸性硫酸鹽泉：

- 1.由地底蒸汽冷凝而成，氫離子以及硫酸根離子含量都較前者為低。
- 2.pH 值在 1.7 至 4.2 之間，多數在 2.5 至 3.1 之間。
- 3.溫度為 42°C 至沸點不等。
- 4.本研究區位於新北投、大磺嘴、陽明山、小油坑、死磺子坪、更子坪等地溫泉屬於此類。

(C) 低濃度中性碳酸氫鈣泉：

- 1.由地下水滲入溫泉，再加上地熱後所形成的泉水。含碳酸氫離子、硫酸鈣、硫酸鎂及氯化物等。
- 2.pH 值介於 5.9 與 7.6 之間。
- 3.溫度介於 35°C 至 60°C 之間。
- 4.位於離噴氣孔較遠地帶，本研究區內分佈地點大致以北投、大庄為代表。

雖然陽明山國家公園內之火山活動已經停止，但部分地區之噴氣孔仍活躍著。本園區噴氣孔一般溫度在 90°C 左右，最高可達 120°C，噴出物質以蒸汽為主，約佔全部氣體體積 95% 左右，其餘的 5% 可能為不凝結氣體，包括二氧化碳、硫化氫、二氧化硫等，其中又以二氧化碳含量較多、硫化氫次之，二氧化硫最少。

第四節 地質災害

地質災害包括的範圍頗為廣泛，例如地層滑動、土石流、落石，以及地盤下陷等種種項目，舉凡與地表內地質材料有關的各項大自然破壞行為都是屬於地質災害的歸類（表 4-1）。其中以山坡上所發生之地層滑動、土石流

以及落石的頻率最高，也是近幾年來對我們居民衝擊最大的地質災害夢魘。以下便針對陽明山國公園地區較可能發生之地質災分別加以說明。

表 4-1 地質災害的種類

| 種類 | | 破壞方式 | 地質材料組成 |
|------|-------|---------------|---------|
| 地層滑動 | 土壤滑動 | 圓弧破壞 非圓弧破壞 | 土壤 |
| | 岩石滑動 | 順向坡破壞 楔形破壞 | 岩石 |
| | 落石(土) | 單獨岩石(土壤)掉落 | 岩石(土壤) |
| | 翻覆 | 翻覆破壞 | 岩石 |
| 土石流 | | 流動破壞 | 岩石、土壤和水 |
| 地盤下陷 | | 地層陷落 | 岩石和土壤 |

(修正自 Varnes, 1978 ; Varnes and Cruden, 1996)

地層滑動是指山坡地內之地層，經風化、崩解、人爲等外力作用後所形成之岩塊或土壤等地質材料，因重力作用的關係，順著地形的坡度，向下產生一種塊體運動或崩落現象。地層滑動也是山坡地中最直接有關係的地質災害。地層滑動的形式可根據山坡地內塊體運動的型式及形成機制的不同，再細分為落石、翻覆、滑動、土石流等多種不同型式的破壞。

落石是指單一或數個岩塊或土塊由懸崖或陡坡以自由落體、跳動或滾動的運動方式驟然墜落於下坡趾處。一般岩塊和土塊之崩落物在坡趾處常堆積如傘狀，且可能與坡趾處原有存在之地質材料的組成不相同。落石經常發生

於山區內地形較為陡峭的山坡地上，或是發生於窄小、高陡的公路邊坡上。

翻覆破壞主要是因為坡體本身不連續面或裂面的高角度分布，使得這些塊體向前倒塌而發生破壞。破壞的原因主要是由於坡趾處之開挖或是河岸之沖刷、淘蝕作用，加上坡體內不連續面或裂面中可能存在之水壓力的作用，以及坡體本身之自重，產生相對於坡趾處之移動、折曲，使得被分割之岩體或土體突然折斷而產生倒塌破壞。

滑動是指坡體上之地質材料因重力作用的關係，使其坡體上的下滑力大於抵抗力，而順著地形坡面產生一種向下塊體運動的破壞方式。根據滑動面破壞的不同形狀，滑動面可以分為平面形滑動（順向坡）、楔形滑動、圓弧形滑動等幾種破壞方式。

當一個坡體內之地層層面的傾斜方向與其地形表面的傾斜方向同一方向者稱為順向坡，而沿著此地層面產生滑動破壞者，稱為順向坡滑動破壞，也是一種平面形的滑動破壞。楔型坡滑動破壞，則是指在坡體內之三個不連續面相交形成之楔形岩塊所造成的破壞。

圓弧型滑動一般多發生於均質性的土體或是相當破碎的岩體中，其滑動面呈一弧形狀，滑動速度較慢，滑動時間較長。因為鬆軟的土壤或破碎的岩體可能會受到來自周遭環境的雨水及地下水所形成之水壓力以及其他外力侵蝕作用的影響，進而弱化其力學強度，使得坡體產生圓弧型破壞。

土石流為發生於山嶺及溝谷間，為土壤、岩塊及水等三者混合在一起向下流動的地質災害。土石流的產生，主要是因為溝谷內原本已堆積之岩塊、土壤等地質材料，受到大雨的侵蝕、浸潤等作用，使得此堆積之岩塊、土壤相互混雜，並且順著谷內的地形坡度，向下運動，並同時一面淘挖及沖刷谷壁兩側的地質材料，而形成土石流。

另外，地表下之地質材料若為軟弱之砂性土壤或黏性土壤的分布時，在土地的開發上，則可能會因為地質材料之強度不足，承載力不夠，水壓力升高或剪裂破壞等因素，產生地層之差異沈陷、液化或地層變形等現象，進而使得地表上之結構體遭受破壞，並引起生命、財物之損失。

上述地質災害似乎與岩石、土壤及水等地質材料的關係相當密切，而這些地質材料的生成便與其週遭之地質環境有同樣相互的關聯性。

土地周遭之地質環境，一般是包括了地貌表徵的特性、地質構造的條件、地質材料的組成以及地下水的分布狀況等多項因素。地貌表徵的特性是指土地上的陡峭狀況、溪谷、窪地、滲水、堆積等幾何形狀的分布，現地植生的生長，人為開挖的現象以及其他原地表的自然地形狀況，都是其特有的表徵。

地質構造的條件是指地體中土壤及岩石等地層的分布情形，不連續面在地層中的延伸狀況，地層受擠壓之褶皺及斷層的變形現象。而地質材料的組成主要是視其本身所具有特殊之自然物理性質，以及地質材料的組成變化等等，這些都將會影響材料本身的力學強度。

同樣的，分布於地表下地下水位的高低，將會在地體內提供巨大的上舉力及側向水壓力而影響土地開發時的穩定性，地下水相對於地質材料則有風化、侵蝕的作用，對於地質構造及地層的分布則也具有淘挖、沖刷的作用。

第五章 地質敏感分析

第一節 文獻背景

地質災害的評估工作，從過去的地貌圖（Waters, 1958；Savigear, 1965）以及工程地質圖（Geological Society London, 1972）的研究開始，很快的便被應用到山崩及地質災害（Brunsdan, 1975；Varnes, 1983）範疇上。聯合國科教文組織（UNESCO）近年來大力推展圖幅的評估應用（IAEG, 1975）使得山崩及地質災害敏感的評估工作（Brabb et al., 1972；Bolt et al., 1975；Hansen, 1984），在各國政府的普遍重視下，這些圖幅都被建置成爲土地利用上的基本資料庫（Dai et al., 2001；Alcantara-Ayala, 2002）。

國內對於地質環境及地質災害的評估工作近年來有逐漸增多之趨勢，而相關於地質敏感區的資料建立，大抵上都是以山坡地的評估爲主（表 5-1），都會區型的部份，則僅以台北縣、市等部份都會地區爲主。其中包括了經濟部中央地質調查所於民國 68 年起陸續進行之「坡地社區工程地質調查與探勘」，工業技術研究院能資所（1989）建置之「台灣省重要都會區環境地質資料庫」，張石角教授（1989）進行之「環境冒險率評估法」，台灣大學地質學研究所（1996）進行之「雲林縣地盤下陷區之地質環境評估」，以及中國地質學會（1999）所建立的「區域國土開發保育防災基本資料」。

(1) 中央地質調查所

調查內容包括有地質調查，工程地質調查及工程地質試驗等三大項。主要的評估方法是以岩性，構造，坡度及環境等四項因子構織成坡地社區開發建議圖；坡度分析圖則依照該坡度不同之陡峭狀況分成五級。該調查工作僅利用坡度分析圖、坡地社區開發建議圖及地質圖等三種，便進行地質敏感分

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

析工作。

表 5-1 相關地質敏感地區之評估資料

| 項目 | 委託單位 | 執行/編製單位 | 年代 | 圖幅比例尺 | 評估資料 |
|------------|------------------|-------------|------------------------|------------------------|--|
| 山坡地 | 台灣省建設廳 | 工研院能資所 | 1989、1990 1995、1997 | 1:5000 | 台灣省重要都會區環境地質資料庫 |
| 山坡地 | 內政部營建署 | 中國地質學會 | 1998、1999 | 1:25000 | 區域國土開發保育防災基本資料建立 |
| 山坡地 | 行政院農業委員會 | 航空測量及遙感探測學會 | 1995 | 1:100000 | 台灣地區土石流危險溪流分布圖 |
| 都會區 | 台北市發展局 | 張石角 | 1991、1994 1995 | 1:5000 | 台北市自然環境調查評估與區劃 |
| 都會區 | 經濟部水資源局 | 台大地質所 | 1997 | 1:250000 | 嘉義縣地層下陷區之地質環境評估 |
| 都會區 | 經濟部水資源局 | 台大地質所 | 1996 | 1:250000 | 雲林縣地盤下陷區之地質環境評估 |
| 都會區 | 台北市研考會 | 李咸亨 | 1995 | 1:100000 | 台北市地質敏感區位圖研究計畫—平地建築篇 |
| 都會區 | 台北縣工務局 | 工研院能資所 | 2000、2001 2002 | 1:5000 | 台北縣轄區內易生災害地區資料庫建立計畫 |
| 都會區 | 台北市建設局 | 亞新工程顧問公司 | 2000 | 1:25000 | 測繪台北市二萬五千分之一及五千分之一敏感地區圖及建立邊坡安全檢查作業管理系統計畫 |
| | | 工研院能資所 | 2000、2001 2002 | 1:5000 | |
| 山坡地 都會區 | 內政部營建署 | 邱毅顧問公司 | 1992 | 1:680000 | 台灣地區環境敏感地劃設與土地使用適宜性分析 |
| 山坡地 都會區 | 中央地質調查所 | 林啓文等 | 2000 | 1:500000 | 台灣活動斷層概論第二版 |
| 山坡地 | 內政部營建署陽明山國家公園管理處 | 張石角 | 1989 | 1:15000 | 陽明山國家公園環境敏感區及潛在災害地區之調查研究 |
| 山坡地 | 內政部營建署陽明山國家公園管理處 | 黃宏斌 | 2000 | 1:1000 1:25000 | 園區聚落與民舍周圍地區潛在災害調查與預警之調查研究 |

(2) 工業技術研究院

其環境地質資料庫包括了環境地質圖、山崩潛感圖、土地利用潛力圖等幾種，每一種圖幅均是具有多個評估因子的組合。例如：環境地質圖是由坡度、斷層及七種地質災害種類等評估因子形成，山崩潛感圖包含有坡度、基岩性質、新舊崩場地、崩塌堆積、河岸侵蝕、向源侵蝕、表層沖蝕、廢棄土石及人為填土等七項評估因子。

(3) 台灣大學地質學研究所

將土地的評估項目歸類為水資源、土地資源及地質環境資源等三大項，再由各項目中設定地下水變遷、河流分布、下陷區延伸、開發範圍、地質概況、礫石層分布及侷限層深度分布等不同比例之權重因子來評估該土地利用上地質環境好、壞的等級。

(4) 環境冒險率

張石角教授將土地單元中的 5 個評估因子，地形序數(坡度、地表現象)、地質序數(岩質、坡型與土壤厚度)，以列表定量方式分別給予不同評分權重，評估的得分高低，便可得知該土地單元之環境敏感度的高低分布。

(5) 中國地質學會

將山坡地依其潛在地質災害及地質條件等因素的不同組合而分成四個等級，稱為地質敏感度分級，其中地質災害包括土石流，流水沖刷，基礎沈陷，地盤下陷及地震等。地質條件則包含有地層，岩性，地質構造及活動斷層之分布等，最後依分析所得之地質敏感分區訂立防災原則。

第二節 地質敏感評估

由於上述各地質敏感評估方式各有其不同之主、客觀條件，因此，本計畫地質災害敏感的評估便是參考中央地質調查所（2001）所訂定之「坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業方法」來進行。各工作項目調查成果皆繪製於不同目的的圖幅上，其中地質災害圖及環境地質圖是由調查工作的結果來進行圈繪，而最終地質災害敏感的評估則是以圖幅套疊方式來進行。

這些評估泰半都是以該土地所具有之各項地質環境特性的條件來進行，評估條件包括了山崩、落石、土石流等地質災害，以及地形坡度、土壤厚度、不連續面分布、地質構造的延伸，和地質材料強度等各不同地質條件因子的綜合評估（Bell, 1998）。

本計畫將地質災害敏感評估等級區分為很高、高、中、低及很低等 5 個等級（表 5-2）。其中：(1)崩塌、落石、土石流、向源侵蝕、礦坑及地熱分布區域皆屬於地質敏感度“很高”的等級。(2)坡度陡峭（大於 40% 以上坡度）、地層破碎（具 3 組以上不連續面）、地質材料強度低（小於 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 之極弱岩以下分類）、具順向坡及楔形坡模狀，為屬於地質敏感度“高”的分級。(3)坡度介於 40% 至 30%，不連續發達（2 組以下不連續面）、地質材料強度介於 $10\text{-}2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 之極弱岩材質分類、現場具滲水現象，為屬於地質敏感度“中”的分級。(4)坡度介於 30% 至 15% 之間，不連續面的間距大於 3 公尺以上，地質材料強度介於 $10\text{-}50\text{kg}/\text{cm}^2$ 之間，植生良好，無任何溝谷分布，為屬於“低”敏感度之分級。(5)坡度介於 15% 以下，不連續面的間距大於 3 公尺以上，地質材料強度高於 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上，植生良好，無任何溝谷分布，則為屬於“很低”敏感度之分級。

表 5.2 地質敏感評估等級劃分

| 敏感度 | 評估因子 | 土地利用 | 備註 |
|-----|--|----------------|--------|
| 很高 | 崩塌、落石、土石流、地盤下陷， 向源侵蝕、礦坑，以及地熱分布區域 | 禁止開發 | 建立監測系統 |
| 高 | 坡度陡峭（大於 40% 坡度）， 地層破碎（具 3 組以上不連續面）， 地質材料強度低（小於 2.5kg/cm ² 之極弱 岩以下之分類）， 順向坡、楔形坡模狀， | 不適宜開發 | 建立監測系統 |
| 中 | 坡度介於 40% 至 30% 之間， 不連續面發達（2 組以下不連續面）， 地質材料強度介於 10-2.5kg/cm ² 之極弱 岩分類， 具滲水現象， | 限制開發 | |
| 低 | 坡度介於 30% 至 15% 之間，不連續面的 間距大於 3 公尺以上， 植生良好，無任何溝谷分布， 地質材料強度介於 10-50kg/cm ² 之間， | 開發行為受 嚴格之管制 | |
| 很低 | 坡度低於 15% 以下，不連續面的間距大 於 3 公尺以上， 地質材料強度高於 50kg/cm ² 以上， 植生良好，無任何溝谷分布， | 可依相關法 令規定進行 | |

圖幅評估的分析流程主要是依據上述各項調查結果，以套繪的方式來進行 (Petak and Atkinson, 1982)。在圖幅套疊的分析中，必須先將(9)地質災害圖內屬於災害分類的資料，以及(8)環境地質圖內屬於侵蝕、地熱、及礦坑等資料先行圈繪，然後(7)不連續面投影分布圖及(3)坡度分布圖則依序進行套疊分析，將具潛在性破壞模狀及坡度陡峭之區域圈繪出來，這個工作分析同時

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

(2)土壤厚度分布圖，(4) 坡向分布圖以及邊坡穩地分析資料則予以輔助參考，而基地內所匯整之地質材料強度資料、(6)地層剖面圖及(5)地下水深度分布圖則提供評估上的比對。

從調查中發現，位於本研究區南側沈積岩及火成岩不整合交界區，陽投公路沿線，以及馬槽鄰近溪流區域，都是屬於敏感度較高的區域。

第六章 地質災害資料庫

將地質災害調查成果，如現地實測之地層構造位態及地災害分布；及研判解釋所得之地質圖資料以GIS格式建檔，以具備資料儲存累積、更新、流通共享功能，並建置初步分析資料以供參考。

(1)地質災害成果圖數化

將地質災害成果圖之內容依GIS格式數值化，並與現場地表定位之數值整合，數值化內容包括地層或構造位態、地災害分布以及綜合地質研判解釋等資料。

(2)環境地質成果圖數化

環境地質成果圖為將現地調查所得之地質資料、地表堆積物、水文資料、地下礦坑分布資料以及地表侵蝕現況等等地表地質資訊依 GIS 格式數值化，並與現地地表定位之數值整合。

(3)地質災害敏感分析

地質敏感分析主要將地質災害成果圖及環境地圖中各項評估因子給予不同權重後，以電腦程式綜合分析而成，其成果配合地表定位之數值及像片基本圖，將地質敏感區分為很高、高、中、低、很低等五級，分別以不同的符號與顏色標示於 1/5000 地形圖上，即為地質敏感圖。並同時以 Illustrator 10.03 的軟體建置成基本圖檔，再將上述各項調查的結果以地理資訊系統（GIS）格式予以數位化，然後建置成各種圖幅之資料檔案。這個地理資訊主要的規劃是要以 Microsoft 9x/2000 系統之作業環境為主，整體功能則以 ArcGis 8.1 設計為主體，並搭配 ArcView 3D Analyst 1.0 及 Erdas Image 8.4 等的軟體功能，以及 GPS 的資訊傳輸等作業方式來建立。



第七章 工作執行報告

本計畫從資料收集、現場調查以迄地質資料庫的建置工作，大抵上都達到了階段性之目標。茲將本期中階段之各項工作的執行狀況分述於后。

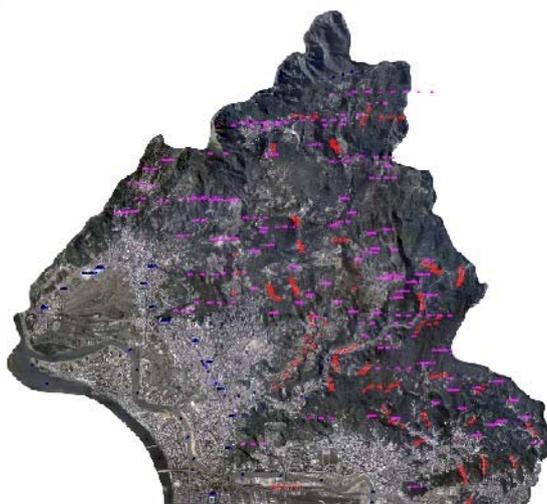
第一節 岩心檢核

本計劃將過去本園區內80多孔鑽探資料進行岩心檢核，並配合現場調查工作進行地質圖及地層剖面圖之製作。

第二節 航照判釋工作

在本研究計畫所進行航空照片的判釋工作中，取用之航空照片包括了民國75年、民國83年、民國90年（象神颱風後，小飛機拍攝）以及民國91年（納莉颱風後）等各不同年度在16年間（圖7.1至圖7.3）所涵蓋之各區域之地貌變化狀況。

圖7-1 陽明山地區航空照片



第三節 火山地質圖

本計畫地層之劃分，主要是參考陳肇夏和吳永助（1971），以及黃鑑水（1988）台北地質圖幅的地層劃分原則，再加以修正完成。為避免在地層分類中，把火山岩的產狀（occurrence）分類名稱，以及岩石所依照礦物的分類名稱混淆使用，造成使用者的困擾。因此，在本次地質圖的分層中，完全是採用國際上的分類標準，即以野外產狀的名稱，來命名火山岩的分層（圖7-4）。例如：凝灰角礫岩為產狀名稱，其岩性可以為任何安山岩種類。而兩輝安山岩和角閃石安山岩等為岩石名稱，其野外產狀可以為火山碎屑岩、熔岩流和火山泥流（lahar）等形式。

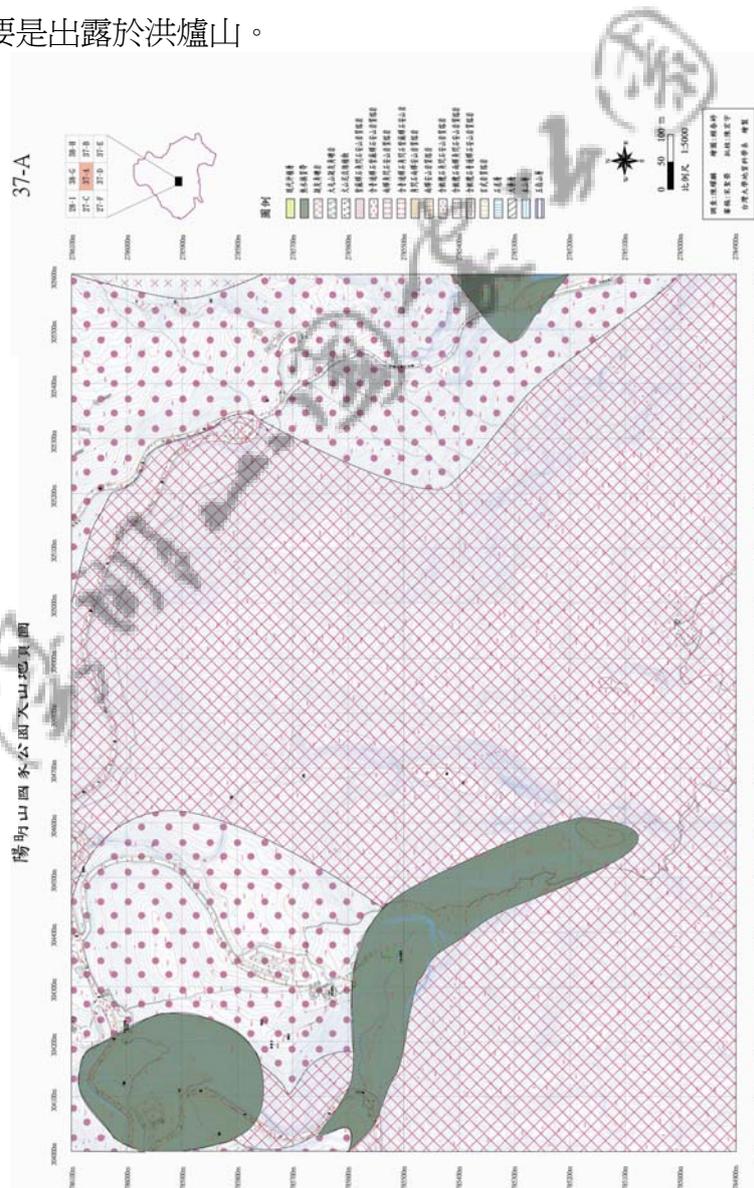
圖7-4 陽明山國家公園地質圖的岩性地層劃分圖例



建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

目前完成陽明山國家公園內台北縣部分的地質圖（圖7-5），包括有西南邊的大屯山、南大屯山、面天山和洪爐山等地區，東北邊的磺嘴山地區，以及東邊的冷水窟等地區。由地質圖可看出第三紀沉積岩主要出露分布於本區的東邊，本區的東北邊和西南邊主要分布的是以兩輝安山岩為主的岩性，而玄武岩主要是出露於洪爐山。

圖7-5 陽明山國家公園部份地質圖



建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

蔡呈奇(2002)所發展出來的土壤厚度經驗公式，配合本計畫案在第I期所鑽獲的淺井，過去陽明山國家公園委外計畫所鑽取的岩心，以及野外露頭實際的驗證等資料，來繪製土壤厚度圖。

其土壤厚度經驗公式為：

$$\text{深度(公分)} = 0.0168 \times \text{高度(公尺)} + 2.062$$

$$\text{深度(公分)} = -0.1916 \times \text{坡度} + 21.03 \text{ (適用於陡坡)}$$

從去年8個鑽井岩心分析結果顯示，研究區域內的土壤厚度相當的薄，且土壤厚度變化相當大，而較厚的土壤分布則集中於低漥處，顯示要完成繪製陽明山國家公園區內的高精確度土壤厚度分布圖，需大規模的土壤調查，才可能完成。因此，本調查工作將過去本園區內曾經完成之80多孔鑽探資料、本階段之鑽孔資料以及現場地形、地質踏勘工作中進行比對，發現大部份區域之地表下土壤厚度的分布與蔡氏所發表之經驗公式有個常數值(相當於3)的相對應關係。所以本計畫工作中土壤厚度的分布概況之估算，是根據蔡氏經驗公式再修正為：

當坡度>30%

$$\text{深度(公分)} = -0.1916 \times \text{坡度} + 21.03$$

當坡度<30%

$$\text{深度(公分)} = 3 \times [0.0168 \times \text{高度(公尺)} + 2.062]$$

從上述的修正經驗公式中所得之結果顯示，園區內之土壤厚度分布主要可分為小於20公分、20公分至50公分，以及大於50公分等3個不同厚度的分層。整個土壤厚度的估算是配合著現場調查的工作來進行局部性的修正，但基地內不可能達到全面性踏勘檢驗，因此，這個土壤厚度的推估雖然可作為初步調查的參考，唯精確的現地土壤厚度分布，應更進一步進行鑽探工作來

評估獲得。

第五節 坡度分布圖

將本期計畫範圍內含山坡地1/5000像片基本圖之等高線以GIS格式建檔、並分析其平均坡度，按照5%以下，5%~<15%，15%~<30%，30%~<40%，40%~<55%，55%~<<100%以及100%以上等七級（1/5000地形圖之坡度分析係以等高線較不規則三角網方式計算，再以百分比方式呈現），編製坡度分級圖（圖7-7及圖7-8）。在製作圖形過程，主要是利用1/1000等高線圖改繪成1/5000比例尺的分區，然後再以ArcView 3.2與Erdas Imagine 8.4軟體，製作坡度圖。

圖7-7 坡度圖數化示意圖

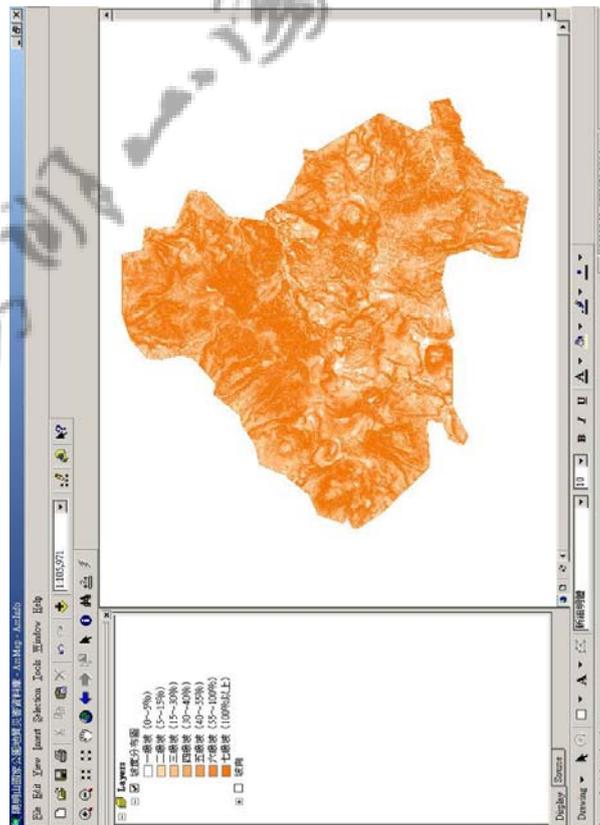
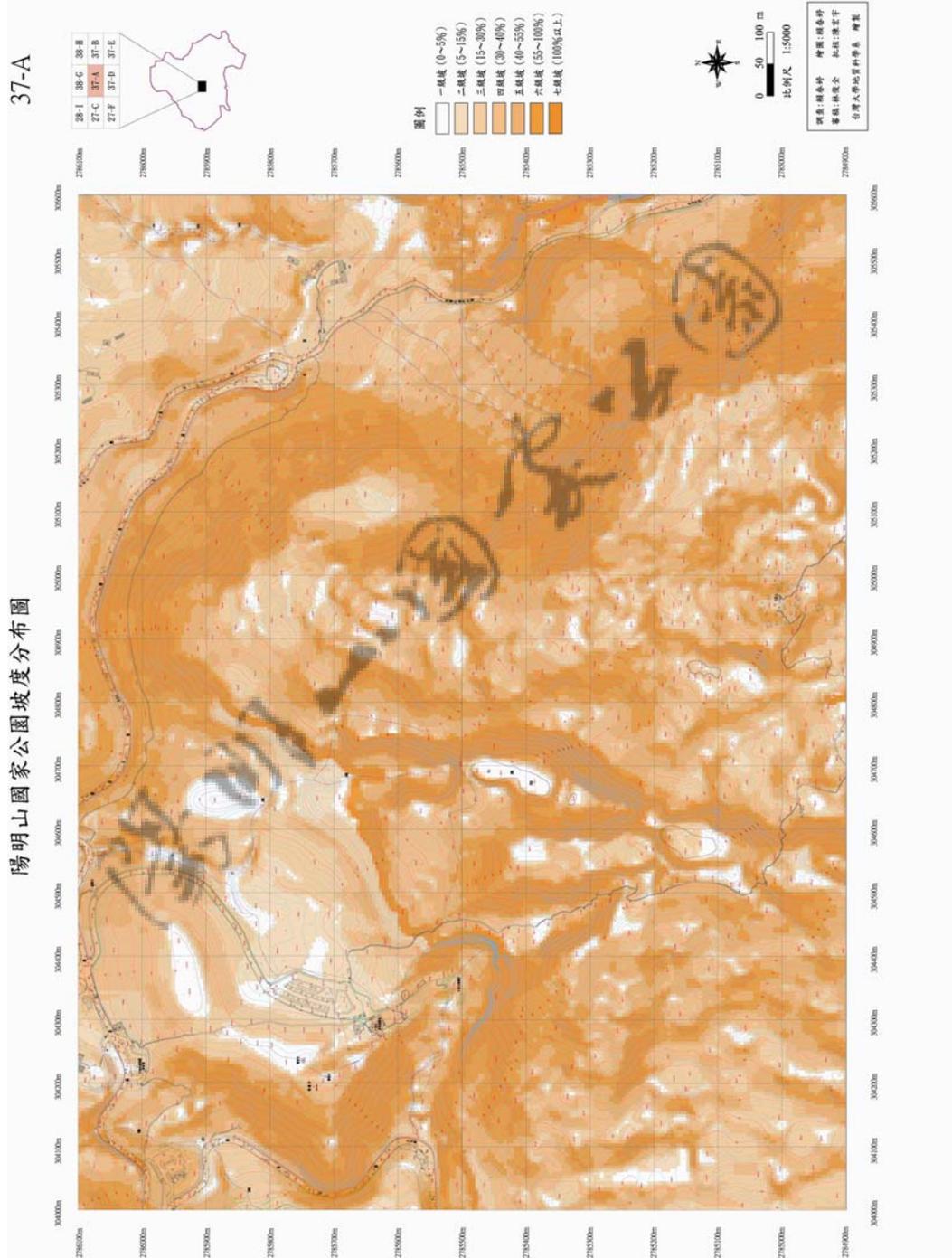


圖7-8 本研究區坡度分布圖



第六節 坡向分布圖

其製作圖形的過程與上述坡度分布圖的製作相當類似。本研究區共分為平地、北向、東北向、東向、東南向、南向、西南向、西向、西北向以及北北向等8個方位來進行（圖7-9及圖7-10）。

圖7-9 坡向圖數化示意圖

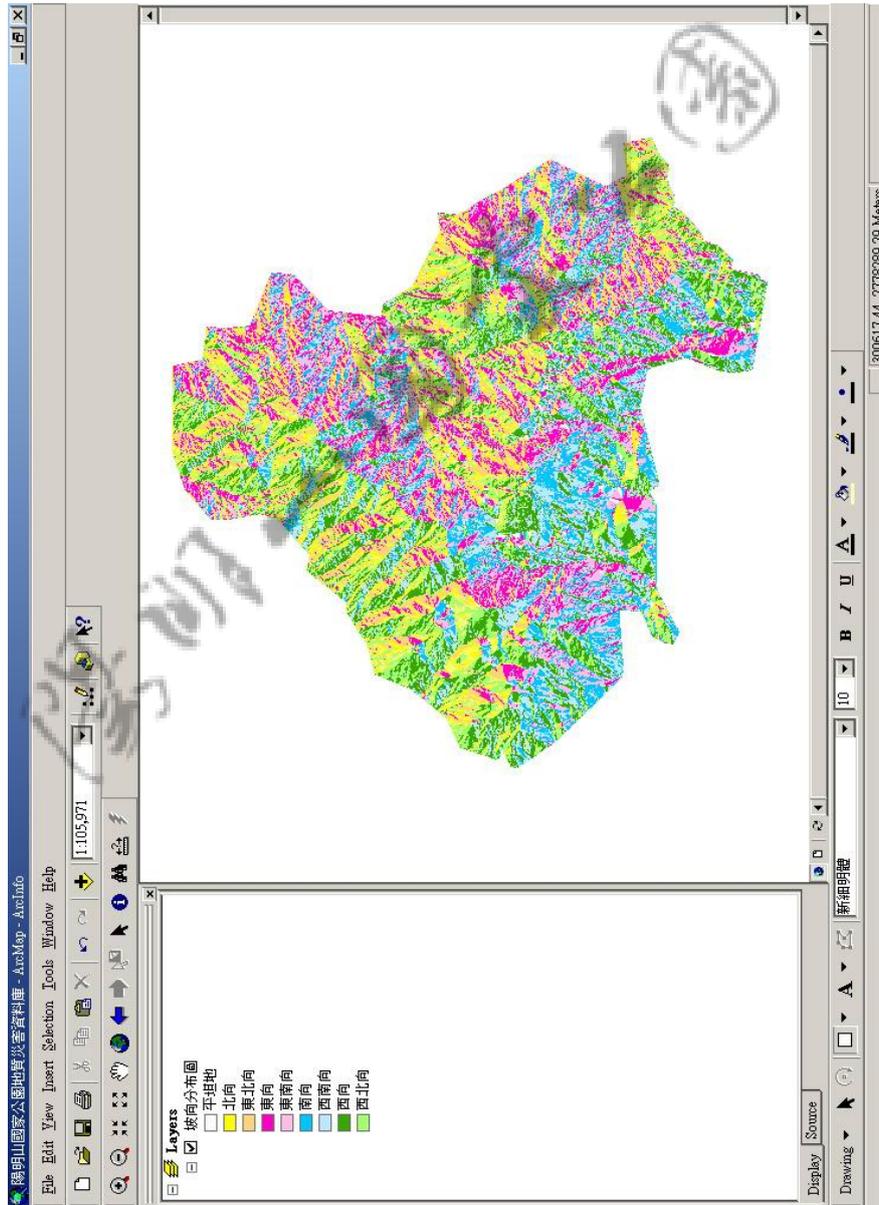
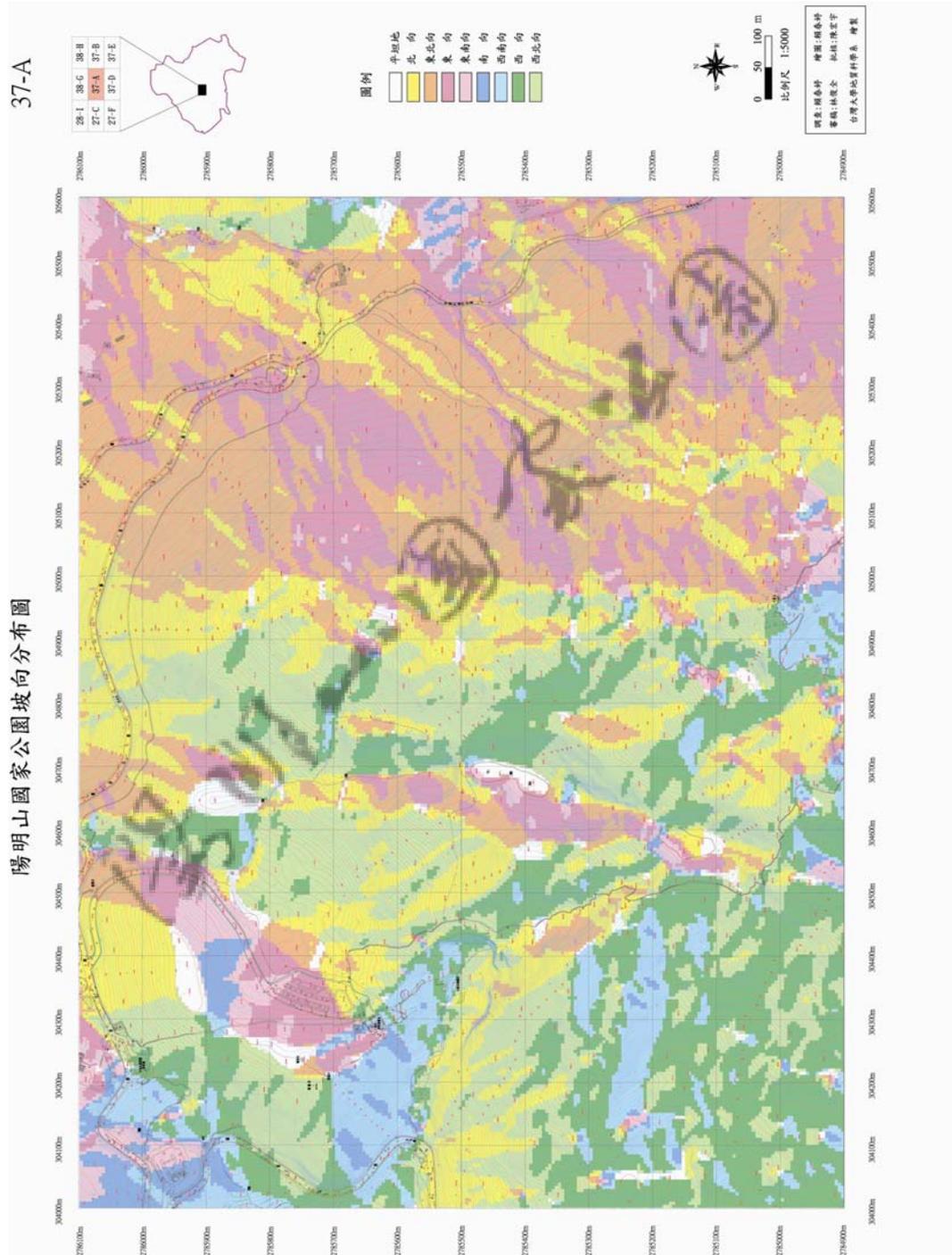


圖7-10 本研究區坡向分布之資料



第八節 地層剖面圖

本研究區主要為火山岩之地質材料所組成，其座標包括了熔岩流及凝灰角礫岩等大抵上，本研究區之火山岩主要分布於基地的中心，此第四紀火山岩與地表下第三紀沉積岩成不整合接觸（圖7-12及圖7-13）。

圖7-12 地層剖面圖數化示意圖

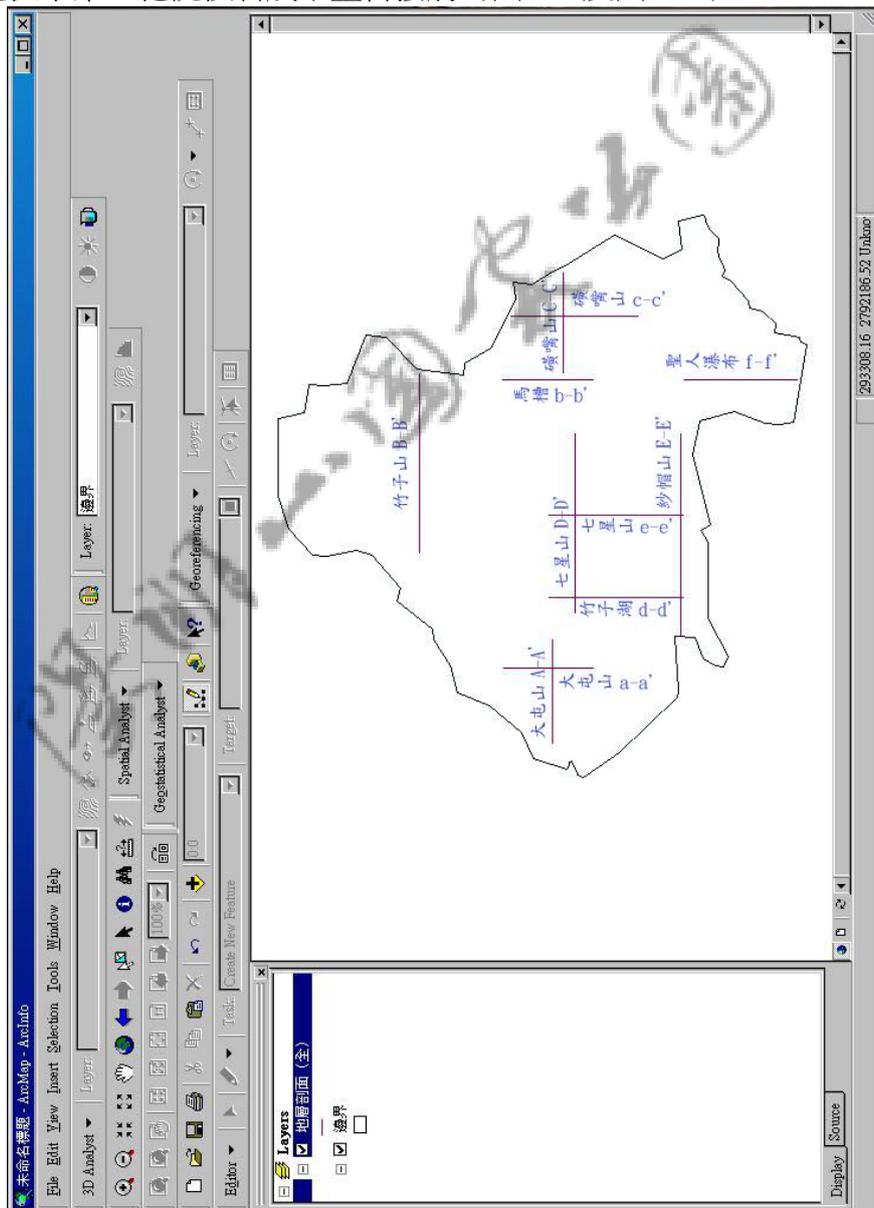


圖7-5 本研究區不連續面分布圖

陽明山國家公園不連續面投影分布圖

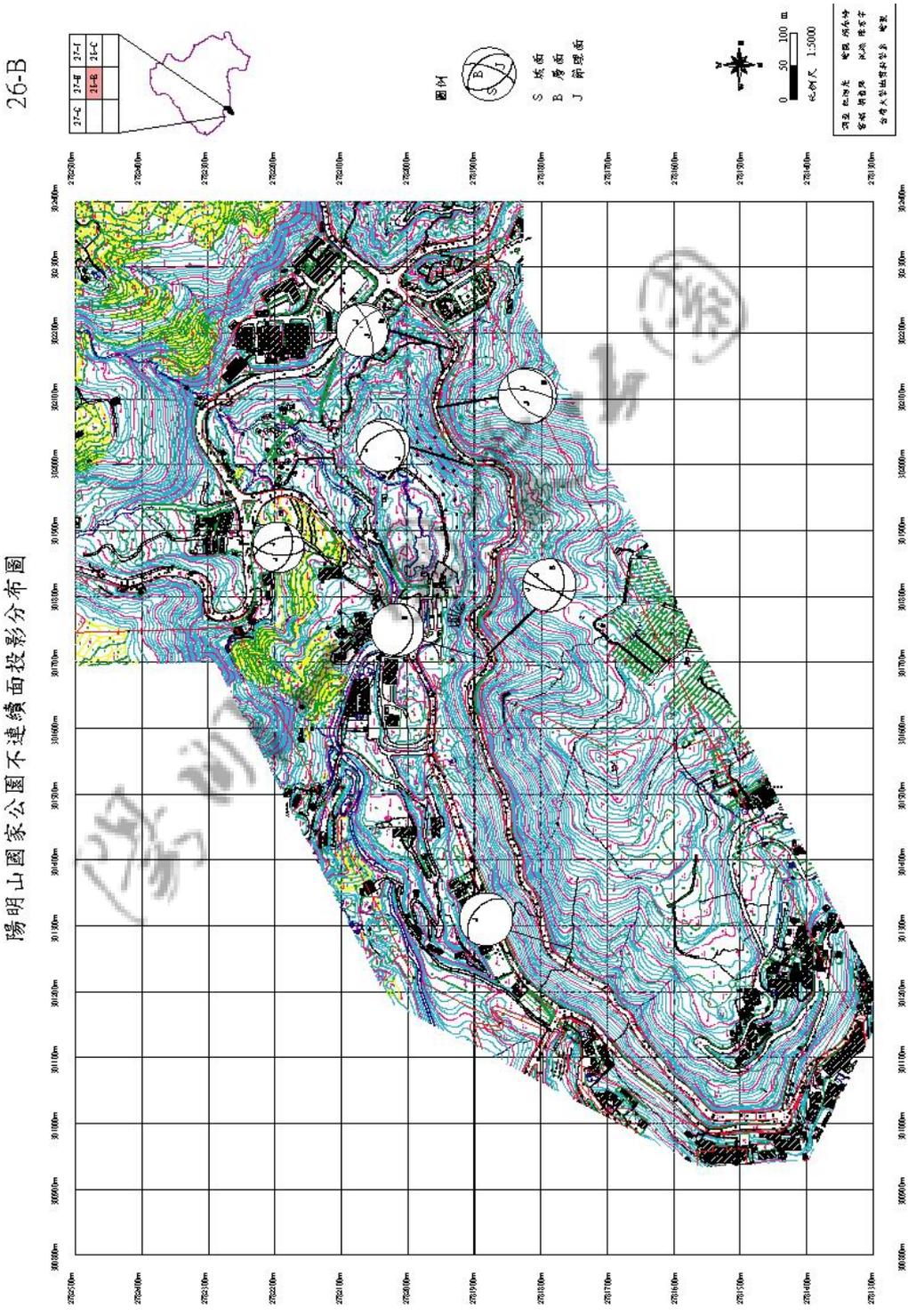
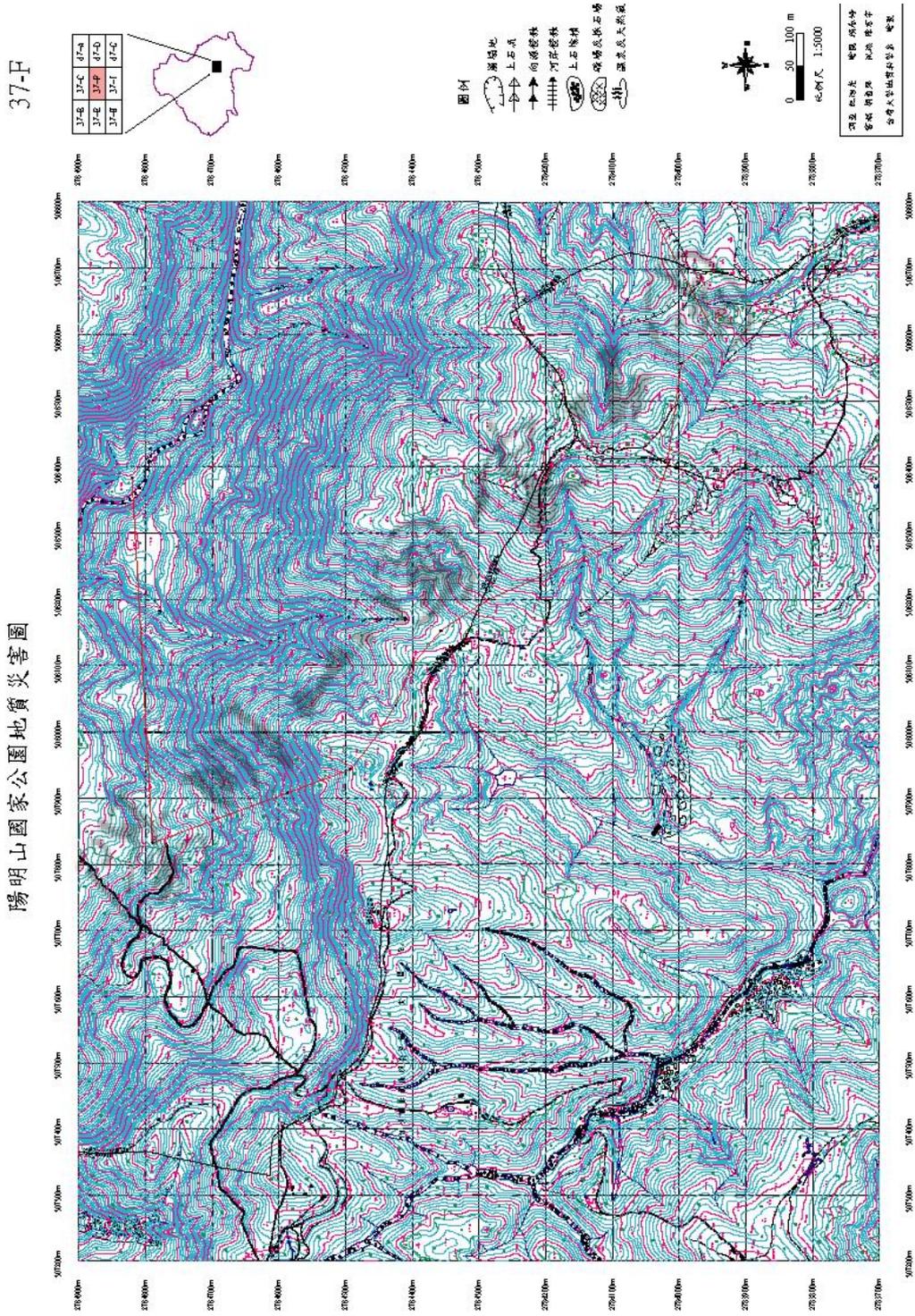


圖7-17 本研究區地質災害圖



第十二節 地質災害敏感圖

綜合地質災害及環境地質資料，將本研究區依照地質環境敏感度之不同分爲很高、高、中、低、很低等五級，分別以不同的符號與顏色標示於五千分之一的地形圖上（圖7-19及圖7-20）。

圖7-19 地質災害敏感圖數化示意圖

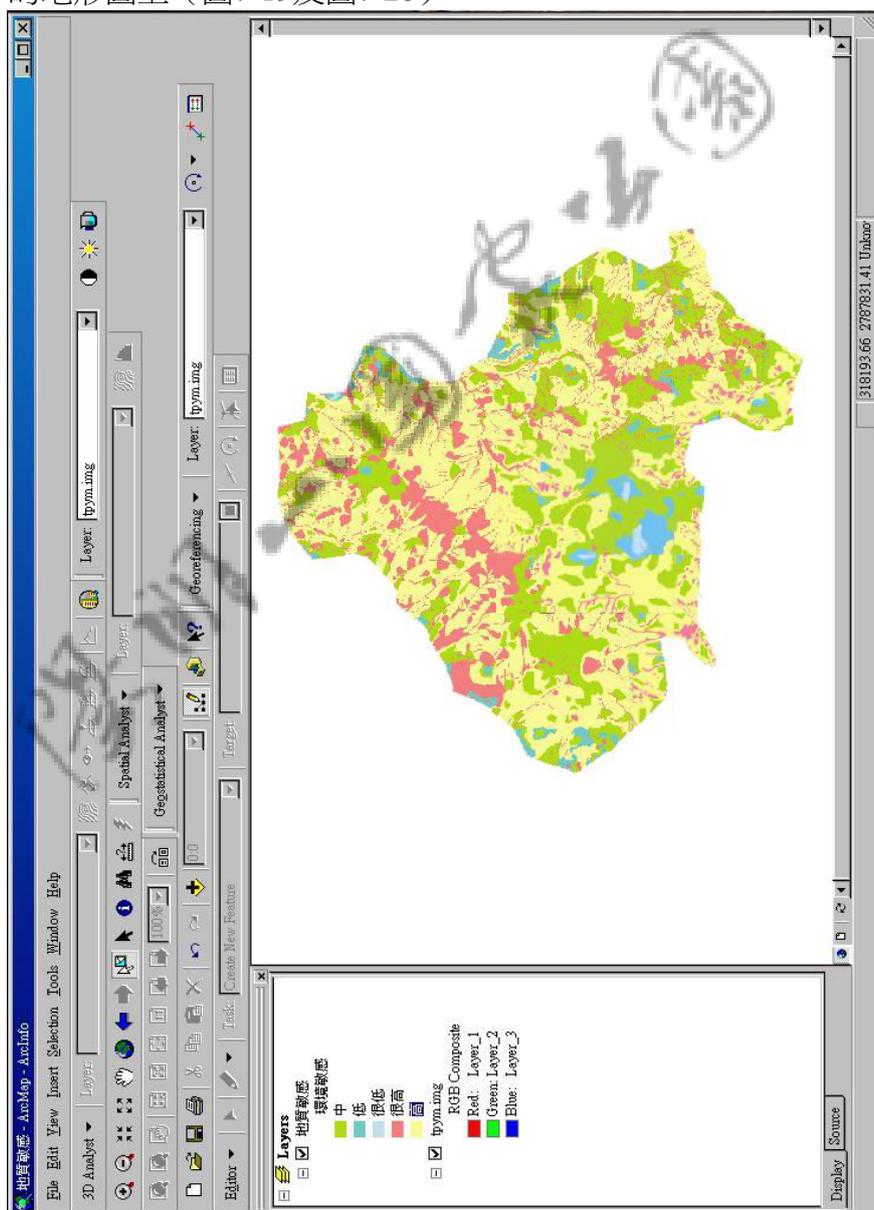
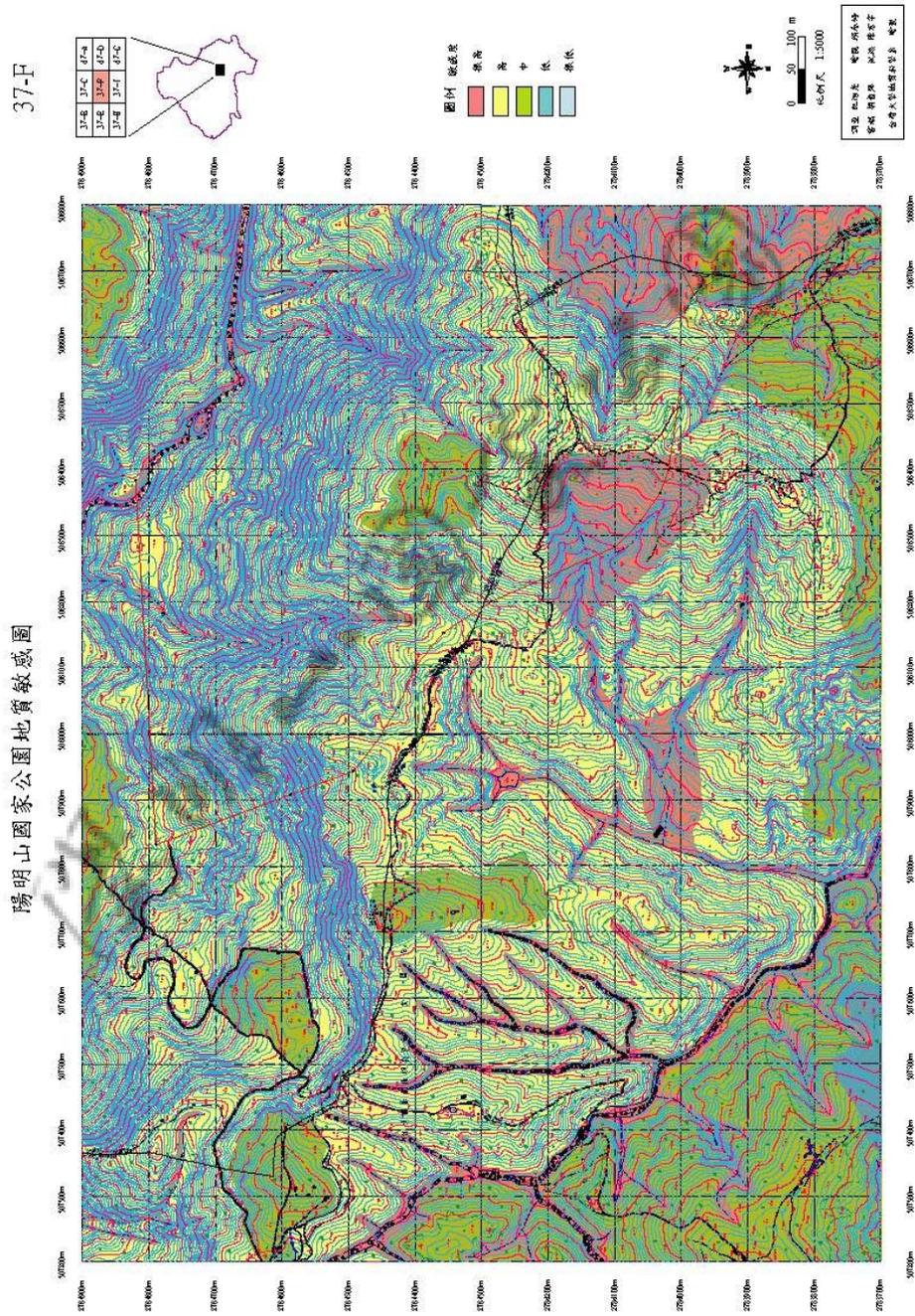


圖7-20 本研究區地質災害敏感圖



園區目前對於土地使用分區上有(1)一般管制區，(2)生態保護區，(3)特別景觀區，以及(4)遊憩區等四大類。從本研究調查資料顯示，上述部份區域的局部地區分布於敏感度“最高”的分類上。由於敏感度是依照地質環境的特色來分類評估，因此，在未來土地使用分區的檢討上，應該可以參考敏感度的不同分類等級，再重新討論其土地的分區定位。

沿著園區南側陽投公路沿線（圖冊（三），26B），可以發現該處岩性之分布主要是以行義路為界，行義路以東以凝灰角礫岩為主，行義路以西則有沈積岩出露。在此岩性不整合之交界處，由於不連續面相當發達，構織成幾何模狀的破壞模式，因此，現場有落石的現象，最大石塊直徑達1.5公尺，落石分布集中在陽投公路靠陽明山第二展望台附近，故該地區評估為地質敏感度“最高”的地區。

另外，仰德大道鄰近中國大飯店附近集水區區域（圖冊（三），36A），由於地勢陡峭、集水區內之小溪谷，以及侵蝕溝較為發達，地質材料軟弱，坡體多處已有崩坍現象發生。由於此區域開發較為密集，人口集中，一旦發生地質災害，將會造成附近民眾生命及財產的損失，故該區評估為敏感度“最高”的地區。

第十三節 現場監測

過量的降雨以及長時間的降雨延時，容易在山嶺間引起山崩及土石流等地質災害，而山崩及土石流所攜帶之地質材料在坡體間經過運動及搬運等作用，會產生一定的衝擊及破壞現象，對於下游的居家環境，更會形成很大的恐懼及威脅。因此，針對山坡地上之山崩及土石流的破壞現象，可以利用這些災害在發生前，或發生時相對於地面上的各項徵兆，以各種科學性的儀器

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

進行各項資訊的蒐集與現象之觀測，再將觀測的結果，迅速的提出警戒的預防措施，以減低災害帶來的衝擊。目前在山坡地之山崩及土石流災害之監測主要可以區分為：（一）非接觸型監測系統，以及（二）接觸型監測系統等兩種監測方式：

（一）非接觸型監測系統

為屬於山崩及土石流發生前之監測系統，主要是利用降雨量、降雨強度，以及降雨強度相對於逕流沖刷之關係的觀測結果，來及時得知災害可能發生的資訊，為一種相當科學性的預警系統，此方式亦可稱為事前型之監測方式，其所能提供之應變時間較長，也即能夠提早提出一些預測的警訊。其中以雨滴譜是本項系統中，較為實際應用上之監測儀器。

（二）接觸型監測系統

由於山崩及土石流發生時，會因地質材料的運動，與坡體或河床之接觸面或滑動面發生摩擦作用，而產生震動或地鳴等聲音，此監測系統即利用地表聲音反射之收集與傳訊，來提出災害預警的措施，亦稱為事發型之監測方式，其準確性可能較高，但所能提供之應變時間較短，也即可以提出預測的警訊時間較短。其中以地聲儀是本項預警系統中，較為實際應用的儀器。

上述兩項監測系統的特性，以及使用上的優缺點，分別說明如下：

1.雨滴譜（圖7-21）

雨滴譜監測儀器主要是由三大部分所組成：

A. 室外感應器（圖7-22）：

主要是由雨量計以及影像觀測系統兩大部分所組成，此感應器可以同時記錄雨量資料以及雨滴本身的性質。

圖7-21 雨滴譜室外配置圖



圖7-22 室外感應器

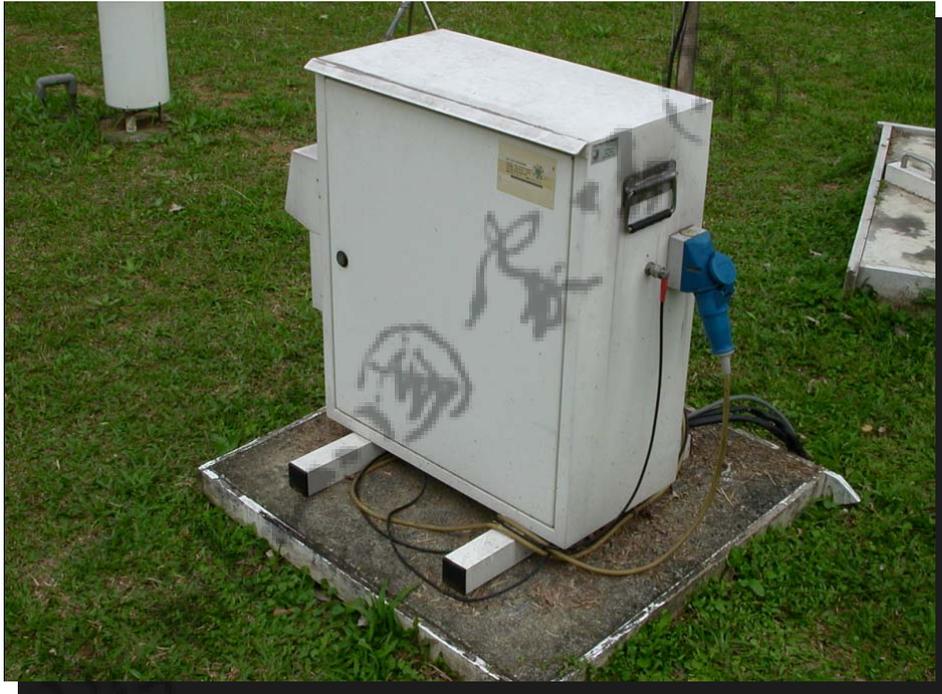


建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

B. 室外即時資料處理系統（圖7-23）：

直接將感應器所記錄的雨量資料進行處理分析，再藉由網路系統傳回室內使用者或是管理者的電腦。

圖7-23 室外即時資料處理系統



C. 室內使用者終端機（圖7-24）：

可以隨時顯示由室外即時處理系統所傳回的各项資料（圖7-25），並提供分析，及進行研究與辨讀使用。

本套系統較傳統單一的雨量計有更佳的分析能力、分析準確度，以及分析的廣度。本系統除了紀錄降雨強度外，更可紀錄雨滴本身的大小、水平速度、垂直下落速度，以及雨滴衝擊地表能量的變化等項目，這些功能都是傳統單一雨量計所無法達到的。

圖7-24 室內使用者終端機

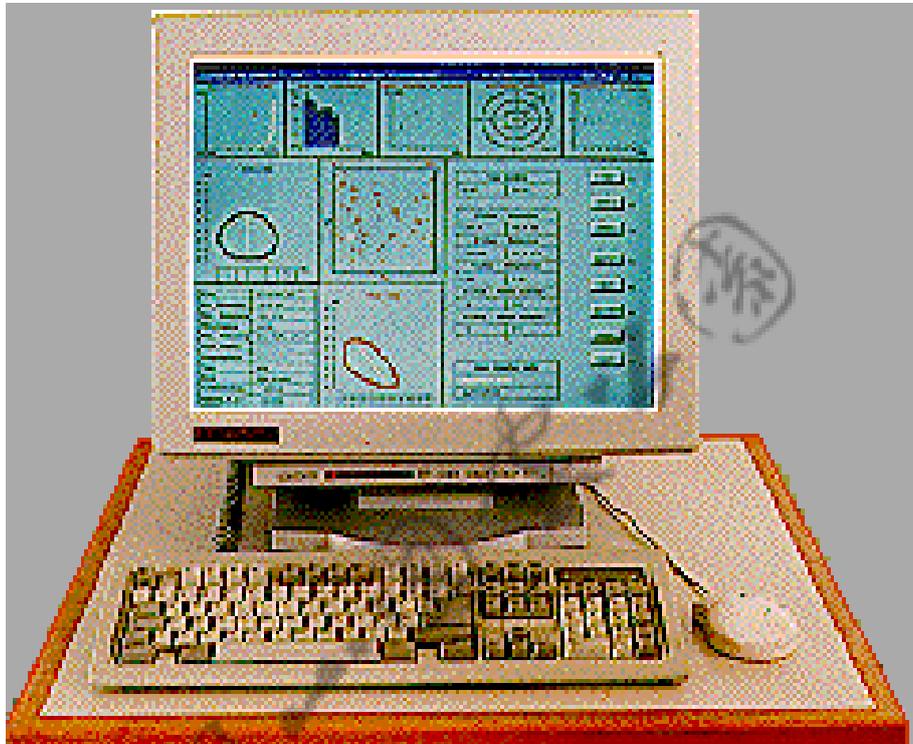


圖7-25 傳回使用者終端機之資料格式

| TIME STAMP | DIAM | VOL | VEL | OBL | AREA | A>= | A<= | B>= | B<= |
|--------------|------|------|------|------|---------|-----|-----|-----|-----|
| hr mi sc msc | mm | mm3 | m/s | | mm2 | | | | |
| 00 00 17 201 | 0.22 | 0.01 | 1.54 | 1.07 | 9333.83 | 174 | 175 | 412 | 413 |
| 00 00 22 079 | 0.47 | 0.05 | 2.24 | 1.14 | 9277.68 | 16 | 18 | 461 | 464 |
| 00 00 27 936 | 0.41 | 0.04 | 1.81 | 1.09 | 9296.38 | 147 | 149 | 112 | 114 |
| 00 00 29 348 | 0.39 | 0.03 | 1.86 | 1.07 | 9296.38 | 127 | 129 | 456 | 458 |
| 00 00 38 390 | 0.5 | 0.07 | 1.88 | 1.15 | 9277.68 | 238 | 241 | 309 | 311 |
| 00 00 38 408 | 0.44 | 0.04 | 1.73 | 0.86 | 9277.68 | 490 | 493 | 340 | 342 |
| 00 00 44 580 | 0.43 | 0.04 | 1.84 | 1.27 | 9296.38 | 79 | 81 | 210 | 212 |
| 00 00 45 586 | 0.48 | 0.06 | 1.97 | 0.96 | 9259.01 | 213 | 216 | 459 | 462 |
| 00 00 46 519 | 0.38 | 0.03 | 1.74 | 0.85 | 9296.38 | 215 | 217 | 117 | 119 |
| 00 00 49 150 | 0.42 | 0.04 | 1.78 | 1.1 | 9296.38 | 425 | 427 | 271 | 273 |
| 00 00 50 935 | 0.62 | 0.12 | 2.32 | 0.97 | 9240.35 | 278 | 282 | 101 | 104 |
| 00 00 51 340 | 0.43 | 0.04 | 1.91 | 0.95 | 9277.68 | 161 | 163 | 402 | 405 |
| 00 00 51 804 | 0.38 | 0.03 | 1.82 | 1.07 | 9296.38 | 10 | 12 | 474 | 476 |
| 00 00 52 572 | 0.44 | 0.04 | 1.88 | 0.75 | 9259.01 | 77 | 80 | 390 | 393 |
| 00 00 53 031 | 0.49 | 0.06 | 4.04 | 1.73 | 9296.38 | 180 | 182 | 266 | 268 |

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

從雨滴譜的資料上，可以讓觀測者建立一個在降雨過程中，雨滴本身的粒徑分佈曲線，並且得到降雨量相對於雨滴粒徑分佈之間的關係。此外，透過氣象雷達系統方式，可以利用其回波資訊功能，得到雨滴粒徑分佈的表現，再配合雨滴譜所建立的降雨量對於雨滴粒徑分佈的關係，以及現場不連續面的分布狀況，不僅可以進一步得到精確的降雨量，也可以了解雨量對於山坡地地表的沖刷、破壞現象。

2.地聲監測系統（圖7-26）

地聲監測系統主要是利用坡體內之地質材料在運動，以及破壞過程中，相對於坡體表面或河谷內之河床所衝擊的聲音，或是因為地層在滑動過程中產生的摩擦聲，所進行一種即時的資訊收集、紀錄以及分析的儀器。本系統並會自動記錄上述事件發生的數量，也會自動進行分析地質材料變形或滑動過程中，產生聲音的頻率以及能量，並自動會將資料儲存，提供往後的分析研究。此外，本系統同時可以根據其他觀測資料的分析結果，提出預警措施的功能。

使用地聲監測系統可以長時間處於開機狀態，不需要派專人看守儀器，此監測系統會自動透過網路傳播方式將資料傳至使用者或資料中心。本系統除了可以監測邊坡破壞的現象之外，並可以運用於監測地質構造的活動性，以及周遭地質環境的穩定性，另外，在山坡地的整治工程中的施工過程，以及完工後工程設施的監測，都可使用此項儀器。

圖7-26a 地聲監測系統主要設備：地聲監測儀



圖7-26b 地聲監測儀放置於野外欲觀測之地點



建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



第七章 工作執行報告



第八章 結論及建議

第一節 結論

本期之各項調查工作所使用之基本圖幅利用園區所提供1:1000之等高線地形圖為主，並依循著第I期的研究方式來進行，大致上各項調查工作結果，可以歸納成以下幾點結論：

1. 各圖檔資料是以ArcGis 8.1予以數值化建置成地質資料庫。
2. 各項調查之成果建置於1:5000之數化資料，包括了(1)火山地質圖，(2)土壤厚度分布圖，(3)坡度分布圖，(4)坡向分布圖，(5)地下水深度分布圖，(6)地層剖面圖，(7)不連續面投影分布圖，(8)地質災害圖，(9)環境地質圖，以及(10)地質敏感圖等10項圖幅之圖檔。
3. 在地質環境上具有“高”敏感以上等級之園區內的土地，宜嚴格限制其開發行為，同時也應儘量避免在中敏感以下之土地進行大挖、大填之行為。

上述10項圖幅的使用，雖然可以作為在初步資訊之各項土地使用或規劃工作上的參考，唯區域內若為進行更進一步大比例尺之土地規劃工作，則必須同時再更進一步進行更詳細之現場大比例尺之工址調查工作，以確切了解該基地的現場地質特性。

第二節 建議

為求長期能夠掌握地質災害變遷的特性，建議陽明山國家公園管理處應該在園區內建立常態監測系統的制度，尤其在屬於“高”敏感區之陽投公路

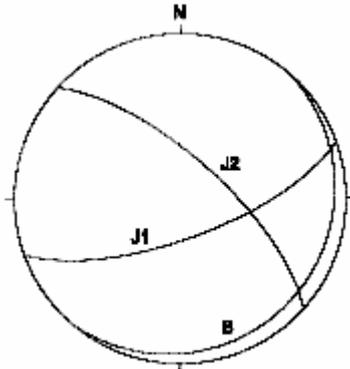
建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

沿線，以及馬槽鄰近溪流區域，應該可以裝設雨滴譜及水壓計等儀器，以瞭解大雨時園區各坡體內之地下水位高低的分布狀況，以及雨水相對地表之衝擊強度，以作好防治災害之預知工作。

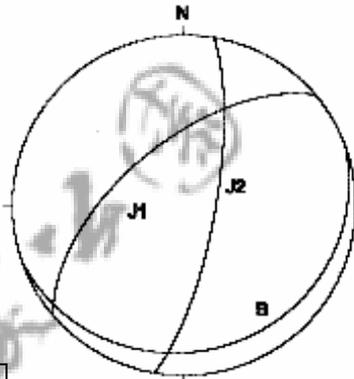
在聚落週遭集水區內，屬於“高”敏感以上的區域，尤其是園區內仰德大道相鄰上邊坡的集水區區域，可以裝置影像觀測系統，以及地聲監測系統，以建立災害之預警工作，減少災害所帶來的衝擊，如此才能讓未來的防治對策更加落實。又由於自然環境的變化逐年在改變，因此地質災害資料庫的更新工作，也應逐年進行局部修正及更新。

附錄一 位態量測資料

位置：停敘商工-1

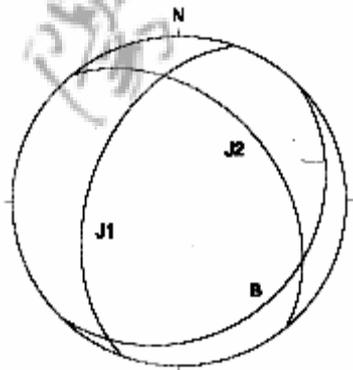


位置：停敘商工-2

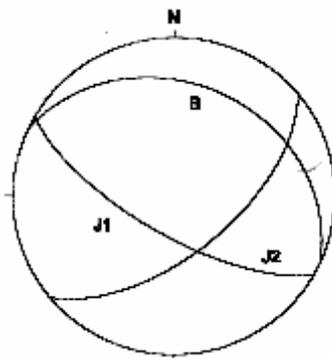


B 層面
J 節理面

位置：大礮嘴



位置：北投頂

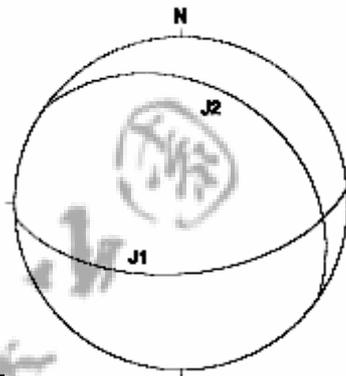
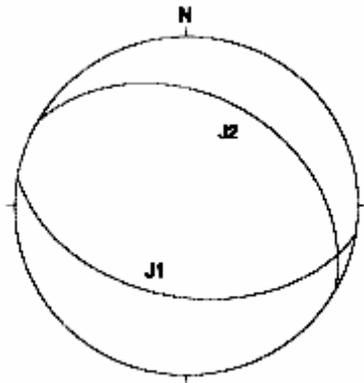


B 層面
J 節理面

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

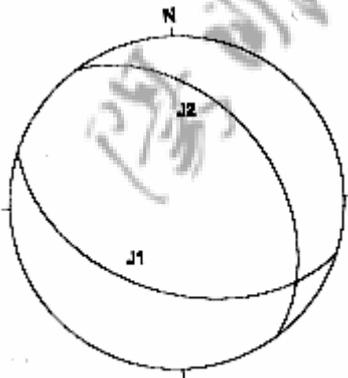
位置：絹絲瀑布-1

位置：絹絲瀑布-2



J 節理面

位置：絹絲瀑布-3



J 節理面

附錄二 史密特錘與基質貫入儀試驗結果

| 試體編號 | 史密特錘 (kg/cm ²) | 基質貫入儀 (kg/cm ²) | 試體編號 | 史密特錘 (kg/cm ²) | 基質貫入儀 (kg/cm ²) |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| SC11 | 650 | 110.0 | SC31 | 750 | 53.3 |
| SC12 | 820 | 80.0 | SC32 | 700 | 53.3 |
| SC13 | 1020 | 120.0 | SC33 | 1050 | 46.7 |
| SC14 | 550 | 113.3 | SC34 | 450 | 60.0 |
| SC15 | 650 | 100.0 | SC35 | 400 | 60.0 |
| SC16 | 560 | 100.0 | SC36 | 750 | 43.3 |
| SC17 | 1250 | 110.0 | SC37 | 620 | 60.0 |
| SC18 | 480 | 63.3 | SC38 | 445 | 56.7 |
| SC19 | 800 | 76.7 | SC39 | 440 | 53.3 |
| SC110 | 650 | 96.7 | SC310 | 450 | 56.7 |
| SC111 | 900 | 86.7 | SC311 | 1125 | 56.7 |
| SC112 | 750 | 56.7 | SC312 | 520 | 50.0 |
| SC113 | 1125 | 63.3 | SC313 | 1250 | 66.7 |
| SC114 | 560 | 66.7 | SC314 | 1050 | 33.3 |
| SC115 | 1300 | 60.0 | SC315 | 720 | 30.0 |
| SC21 | 1000 | 93.3 | SC41 | 1005 | 43.3 |
| SC22 | 1230 | 86.7 | SC42 | 900 | 50.0 |
| SC23 | 1500 | 96.7 | SC43 | 900 | 60.0 |
| SC24 | 1000 | 70.0 | SC44 | 730 | 43.3 |
| SC25 | 1010 | 96.7 | SC45 | 1000 | 40.0 |
| SC26 | 950 | 110.0 | SC46 | 520 | 50.0 |
| SC27 | 780 | 80.0 | SC47 | 1500 | 53.3 |
| SC28 | 620 | 120.0 | SC48 | 450 | 56.7 |
| SC29 | 1400 | 113.3 | SC49 | 1750 | 43.3 |
| SC210 | 920 | 100.0 | SC410 | 1900 | 46.7 |
| SC211 | 1300 | 100.0 | SC411 | 1400 | 50.0 |
| SC212 | 1250 | 110.0 | SC412 | 1250 | 66.7 |
| SC213 | 690 | 63.3 | SC413 | 550 | 50.0 |
| SC214 | 710 | 76.7 | SC414 | 1200 | 56.7 |
| SC215 | 710 | 96.7 | SC415 | 820 | 43.3 |

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



附錄三 現場調查現況



相片 1. 陽投公路旁分布有柱狀解理的安山岩。



相片 2. 陽投公路旁現場量測柱狀解理的位態。



相片 3. 陽投公路上沈積岩之露頭。



相片 4. 發達的不連續面，形成了岩體的破碎狀。

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



相片 5. 岩石受熱液作用造成表層的風化，坡體的不穩定。



相片 6. 受熱液作用的影響，造成表層岩石崩解的現象。



相片 7. 陽投公路沿線坡體受到雨水的沖刷，產生崩落的現象。



相片 8. 雨水沖刷後，多處坡體產生淺層滑動的現象。



相片 9. 陽投公路旁破碎的岩石，隨時有發生落石的可能。



相片 10. 熱液作用弱化岩石強度，並使得坡體發生大規模滑動破壞現象。



相片 11. 遠眺馬槽附近之舊崩場地形。



相片 12. 大雨過後陽投公路沿線發生邊坡破壞，並危害路基之穩定。

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



相片 13. 陽投公路鄰近第二展望台前約 500 公尺處，發生落石現象，落石直徑約 1.5M。



相片 14. 陽投公路鄰近第二展望台附近坡體，發生地表沖刷。



相片 15. 陽投公路沿線發生榕樹倒塌，造成路基受損現象。



相片 16. 大雨過後，馬槽附近溪谷中，到處可以發現大石塊的堆積。



相片 17. 陽投公路鄰近停敘高工沿線，坡體有岩塊鬆動而崩落的現象。



相片 18. 馬槽附近溪流集水區，發生坡體崩坍，崩坍長度約 100 公尺，寬約 50 公尺。



相片 19. 馬槽附近集水區發生邊坡崩坍現象。



相片 20. 馬槽附近溪谷兩側之河道，受到侵蝕下切的現象。

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)



相片 21. 園區靠近三芝鄉之坡體，今年 11 月初因雨發生崩坍，造成公路中斷。



相片 22. 園區在 11 月初曾出現大雨，使得多處溪谷有岩塊堆積的現象。



相片 23. 仰德大道轉向絹絲瀑布方向，不連續面發達，公路旁岩石呈破碎狀。

參考書目

1. Bell, F. G. (1998) Environmental geology, Blackwell, 608p °
2. Bolt, B.A., Horn, W.L., Macdonald, G.A. and Scott, R. G. (1975) Geological Hazards, Springer Verlag, 328p.
3. Brabb,E.E., Pampeyan, E.H. and Bonilla,M.G. (1972) Landslide susceptibility in San Mateo County, California. US Geological Survey, Misc. field studies map. MF360, Scale 1:62500.
4. Brunsten, D., Dornkamp, J.C., Fookes, P. G., Jones, D.K.C. and Kelley, J.M.H. (1975) Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. QJEG V. 8, P227-253.
5. Chen, Chao-Hsia and Wu, Y.T. (1971) Volcanic geology of the Tatun geothermal area, north Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, no.14, pp.5-20.
6. Chen, C.H., Liu, K.K. and Shieh, Y.N. (1988) Geochemical and isotopic studies of bauxitization in the Tatun volcanic area, northern Taiwan: Chemical Geology 68, 41-56
7. Dai, F.C. Lee,C.F. and Zhang, X.H. (2001) GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study, Engineering Geology 61, P257-271.
8. Geological Society London (1972) Working party reports on land surface evaluation. QJEG 15, P1-168 °
9. Hansen, A. (1984) Landslide hazard analysis. In: Slope instability (Brunsten, D.

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

- & Prior, D.B. eds.), P523-602。
10. IAEG (1976) Engineering geological maps: A guide to their preparation. UNESCO, Paris 79p。
 11. Petak, W.J. and Atkison, A.A., (1982) Natural Hazard Risk Assessment, Springer - Verlag, 489p。
 12. Savigear, R.A.G. (1965) A technique of morphological mapping. *Annls. Assoc. Am. Geogr.* 55(3), P514-538。
 13. Waters, R. S. (1958) Morphological Mapping. *Geography* 43(1), P10-17。
 14. Song, S. R., Tsao, S., and Lo, H. J. (2000) Characteristics of The Tatun Volcanic Eruptions, North Taiwan: Implications for A Cauldron Formation and Volcanic Evolution: *Journal of The Geological Society of China*, pp.361-378.
 15. Varnes, D.J. (1978) Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J. (ed.) (1978) *Landslides analyses and control: U.S. National Academy of Sciences Special Report 176*, P.11-13.
 16. 礦研所 (1961) 七星山大油坑褐鐵礦探勘報告，經濟部礦產探勘團 50、51 年度工作年報，159-178。
 17. 礦研所 (1969) 大屯火山群地熱探勘工作報告之一：礦研所報告，第 90 號。
 18. 礦研所 (1970) 大屯火山群地熱探勘工作報告之二：礦研所報告，第 102 號。
 19. 礦研所 (1971) 大屯火山群地熱探勘工作報告之三：礦研所報告，第 111 號。
 20. 陳肇夏、吳永助(1971) 大屯火山群地熱探勘工作報告。經濟部聯合礦業

- 研究所，共 48 頁。
21. 礦研所（1973）大屯火山群地熱探勘工作報告之四：礦研所報告，第 126 號。
 22. 礦研所（1980）台灣地熱資源探勘工程報告，經濟部礦業研究所，181 期，1-49。
 23. 王鑫（1981）陽明山國家公園火山地質文獻之整理研究，陽明山國家公園管理處，共 71 頁。
 24. 何春蓀(1986) 台灣地質概論-台灣地質圖說明書。增訂第二版。經濟部中央地質調查所，共 164 頁。
 25. 王鑫（1986）陽明山國家公園地質及地形景觀，陽明山國家公園管理處，89 頁。
 26. 陳中華、劉康克、謝越寧（1988）台灣北部大屯火山群鋁土化作用之地球化學同位素研究：中央研究院地球科學研究所集刊，第八卷，第十頁。
 27. 鄧國雄（1988）陽明山國家公園之地形研究，陽明山國家公園管理處，163 頁。
 28. 陳正宏（1988）陽明山國家公園及鄰近地區火山地質史研究，陽明山國家公園管理處，共 56 頁。
 29. 楊萬全（1988）陽明山國家公園水資源調查研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處，共 77 頁。
 30. 張石角（1989）陽明山國家公園環境敏感區及潛在災害地區之調查研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處，共 78 頁。
 31. 劉聰桂（1990）夢幻湖及附近窪地之剖面分析及定年研究，陽明山國家

建置陽明山國家公園地質災害資料庫之調查研究(II)

- 公園管理處，34 頁。
32. 伍木林、宋聖榮（1990）陽明山國家公園地質資料庫之建立，陽明山國家公園管理處，共 39 頁。
 33. 阮斯堅（1990）陽明山南、北磺溪源流區坡地水文之研究，國立師範大學地理研究所碩士論文，共 117 頁。
 34. 張石角（1991）台北市綜合發展計畫：台北市自然環境資源評估與區劃（環境敏感區之區劃），中華民國工程環境學會。
 35. 宋聖榮（1994）陽明山國家公園內古火山環境及噴發史的研究，陽明山國家公園管理處，79 頁。
 36. 魏正岳（1995）大屯火山溫泉地區之土壤地球化學：國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，87 頁。
 37. 叢培芝（1995）步道篇，陽明山國家公園管理處解說叢書，133 頁。
 38. 行政院農委會（1996）台灣地區土石流危險溪流圖。
 39. 王鑫（1997）陽明山國家公園地景據點、登錄與管理計畫研究報告，內政部營建署陽明山國家公園管理處，127 頁。
 40. 黃鑑水（1998）台北圖副一五萬分之一台灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所共 46 頁。
 41. 宋聖榮(1999) 台北與火山。台灣博物，第 18 卷，第 1 期，第 63-80 頁。
 42. 經濟部中央地質調查所（2000）台灣活動斷層概論第二版：台灣活動斷層分布圖說明書，共 122 頁。
 43. 黃宏斌（2000）園區聚落與民舍周圍地區潛在災害調查與預警之調查研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處，共 59 頁。
 44. 經濟部中央地質調查所（2001）坡地環境地質災害敏感區判定準則及作

- 業方法，共 44 頁。
45. 蔡呈奇（2002）應用地域分析與地理資訊系統繪製土壤圖：以台灣北部火山灰土壤為例：國立台灣大學農業化學研究所博士論文，168 頁。
 46. 經濟部礦務局，礦坑連絡圖。

