

國立台灣海洋大學海洋研究所研究論文

指導教授：許 中 民博士

陽 明 山 國 家 公 園
區域新期構造運動之研究

研究生：田 蓉 禮

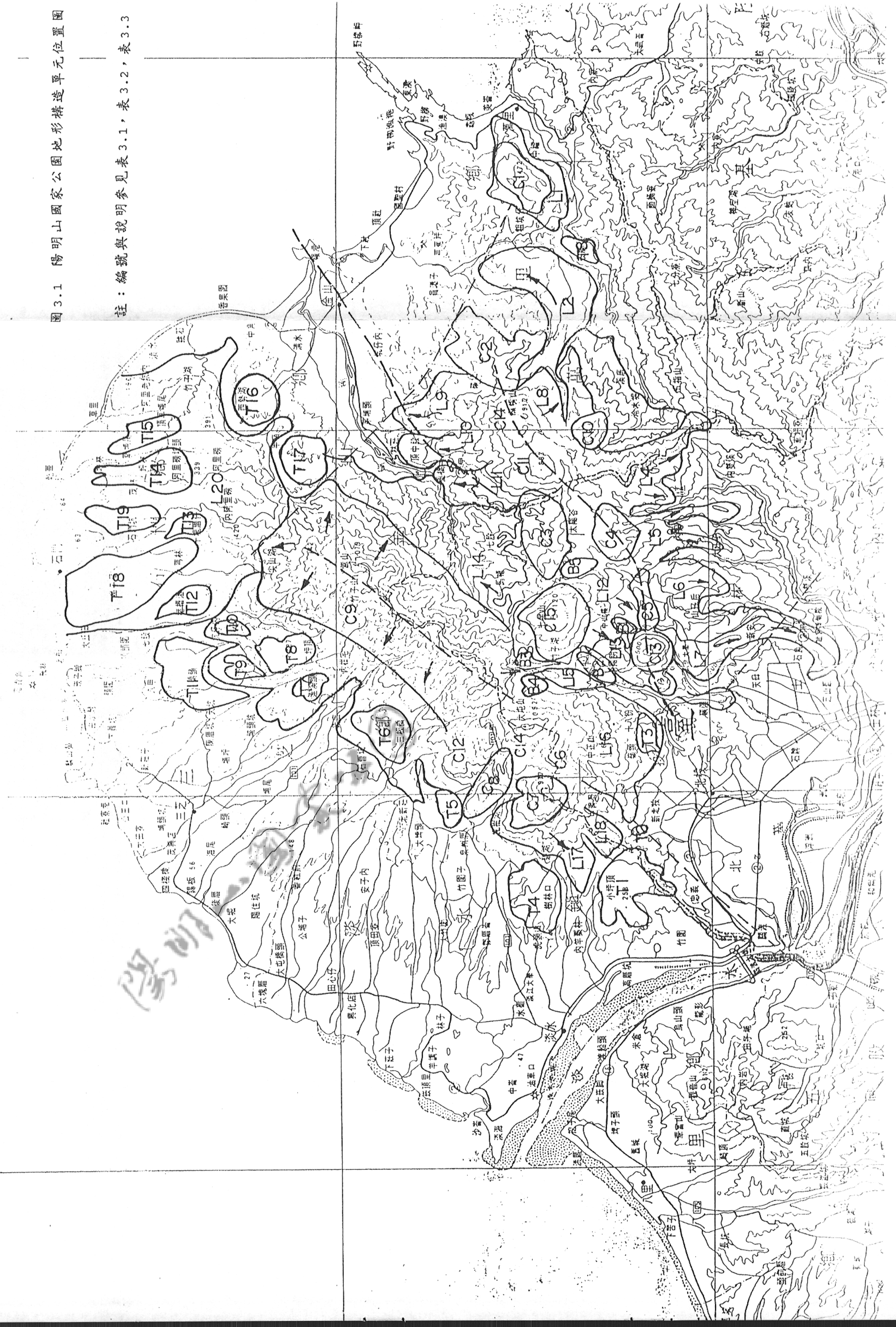
內政部
營建署

陽明山國家公園委託研究

中華民國八十年六月

圖 3.1 陽明山國家公園地形構造單元位置圖

註：編號與說明參見表 3.1，表 3.2，表 3.3



目 錄

	頁次
一、緒言-----	1
二、前人研究-----	2
2.1. 區域地質之研究-----	2
2.2. 大地構造與火成岩成因研究-----	5
2.3. 火山定年學之研究-----	8
三、地形構造單元之辨識-----	9
3.1. 新期構造運動中之地質因素-----	9
3.2. 地形構造單元之意義-----	9
3.3. 地形構造單元之分類與辨識-----	10
3.3.1. 火山錐-----	10
3.3.2. 熔岩流-----	11
3.3.3. 火山窪地-----	11
3.3.4. 構造線-----	20
四、本區新期構造運動之研究-----	33
4.1. 區域之地殼上昇-----	33
4.2. 火山活動歷史之再思-----	35
4.3. 區域性地震資料之回饋-----	38
4.4. 區域性活動之地質構造-----	46
4.4.1. 小油坑斷層-----	46
4.4.2. 金山斷層-----	48
五、結論與建議-----	54
參考文獻	

表 目 錄

表 2.1 陽明山國家公園火山地質絕對定年成果表

表 3.1 陽明山國家公園火山地質火山錐一覽表

表 3.2 陽明山國家公園火山地質熔岩流一覽表

表 3.3 陽明山國家公園火山地質火山窪地一覽表

表 4.1 火山活動地質記錄一覽表

表 4.2 大屯火山區 77 年 6 月之地震記錄表

圖 目 錄

- 圖 2.1 大台北都會區南向側視雷達影像
- 圖 2.2 大屯火山區地質構造圖。
- 圖 3.1 陽明山國家公園地形構造單元位置圖
- 圖 3.2 七星山－紗帽山一帶地形構造單元位置圖
- 圖 3.3 金山斷層及其附近之地下岩層構造剖面示意圖。
- 圖 3.4 野外露頭之描繪圖
- 圖 3.5 復興崗一帶的摺皺構造的史密特下半球投影圖。
- 圖 3.6 金山海邊五指山層中之正斷層及斷層古應力分析投影圖
- 圖 3.7 小油坑斷層位置圖
- 圖 3.8 磺嘴山附近地形構造單元位置圖
- 圖 4.1 陽明山地區地震震央分布
- 圖 4.2 陽明山地區地震 ($M > 2$) 震央分布圖
- 圖 4.3 陽明山地區地震 ($M > 3$) 震央分布圖
- 圖 4.4 陽明山國家公園區域地震資料投影剖面
- 圖 4.5 陽明山地區地震震源分布投影
- 圖 4.6 陽明山國家公園區地下地質模型示意圖
- 圖 4.7 北投大磺嘴地區地質圖
- 圖 4.8 馬槽地區斷層裂隙圖
- 圖 4.9 北投地區貴子坑溪附近地質平面圖

一.緒 言

陽明山國家公園素以火山地形與其地質景觀著稱，以園區之地理環境觀之，其位於台灣北端由二十餘座火山錐體（Volcanic cone）與數十道熔岩流交疊構成，歷時二百五十萬餘年。就人的歷史觀點，誠然浩渺難追，為遠古前之歷史遺跡。惟就地質歷史而言，乃發生於地質歷史之最近期上新世（五—六百萬年至一百七十萬年），更新世（一百七十萬年至一萬年）與全新世（一萬年以來），純然歷史之最近期始陸續發生之一連串地質構造事件，對於地質歷史舞台近期始獲登場者咸稱之為新期構造事件（neotectonic event）。既謂在過去的2.5百萬年以來，北部台灣由於區域性地殼運動之作用，造成長期大規模之火山運動，與台灣本島之造山運動時間同期，當台灣中央山脈巨厚之地層受強烈之造山運動擠壓變質，並抬昇為陸的同時，北部台灣則經歷廣泛之火山岩漿活動，一連串間歇不斷發生之火山噴發，拋出大量的火山物質——如巨厚之熔岩、凝灰岩、火山灰等，就各期火山之影響範圍內，堆積巨厚之火山物質，並伴隨地盤之隆昇與沉降，以更變化多端的方式，展現另一種形態之造陸運動。當此獨特的造陸運動長期持續作用下，台灣北端遂形成獨具之火山地形與地質環境。我們詳細地觀察這段地質歷史，不難發現園區週遭之地形與地質確與台灣其他地區之質素迥然不同：本區不僅是一火山岩分布之地區，它尤其是一火山地形之發展控制區域性地形地貌發展之一區；過去之學者研究多集中於其火成岩之分布、岩性、火山活動之歷史部份。鮮有以地形學或新期構造研究之眼光來深入探討之。此即本研究想觸及、嘗試提供管見之處。

二.前人研究

2.1. 區域地質之研究

本區初期之火山地質研究始於日據時代早期之大島 (Oshima, 1907)、出口 (Deguchi, 1912)、小笠原與大江 (Ogasawarn & Ooe, 1932) 等。

光復後，台灣省地質調查所與台大地質系對本區火成岩之分佈，火山活動之地質意義亦展開調查。其中顏滄波與陳培源 (Yen & Chen, 1953)、顧德隆等 (Ku, et al., 1959)、阮維周等 (Yuan, 1963) 均先後對本區之火山地質圖著有貢獻。五十年代後期，工業技術研究院礦物研究所展開本區之地熱探勘研究投入大量人力、物力，對本區之遙感探測 (見圖 2.1) 地表地質與地下地質研究更上層樓，其中陳肇夏與吳永助 (Chen & Wu, 1971) 將本區之地質資料重新檢討、整合，將全區之安山岩重新分為十四類，並於野外辨識各層熔岩流之分佈與上下接觸關係建立十五層不同之熔岩流後，依火山錐體、熔岩流之分佈與層位關係分為六個亞群，分別如下：

1. 大屯山亞群
2. 七星山亞群
3. 竹子山亞群
4. 磺嘴山亞群
5. 丁火朽山亞群
6. 楠子山亞群

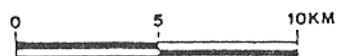
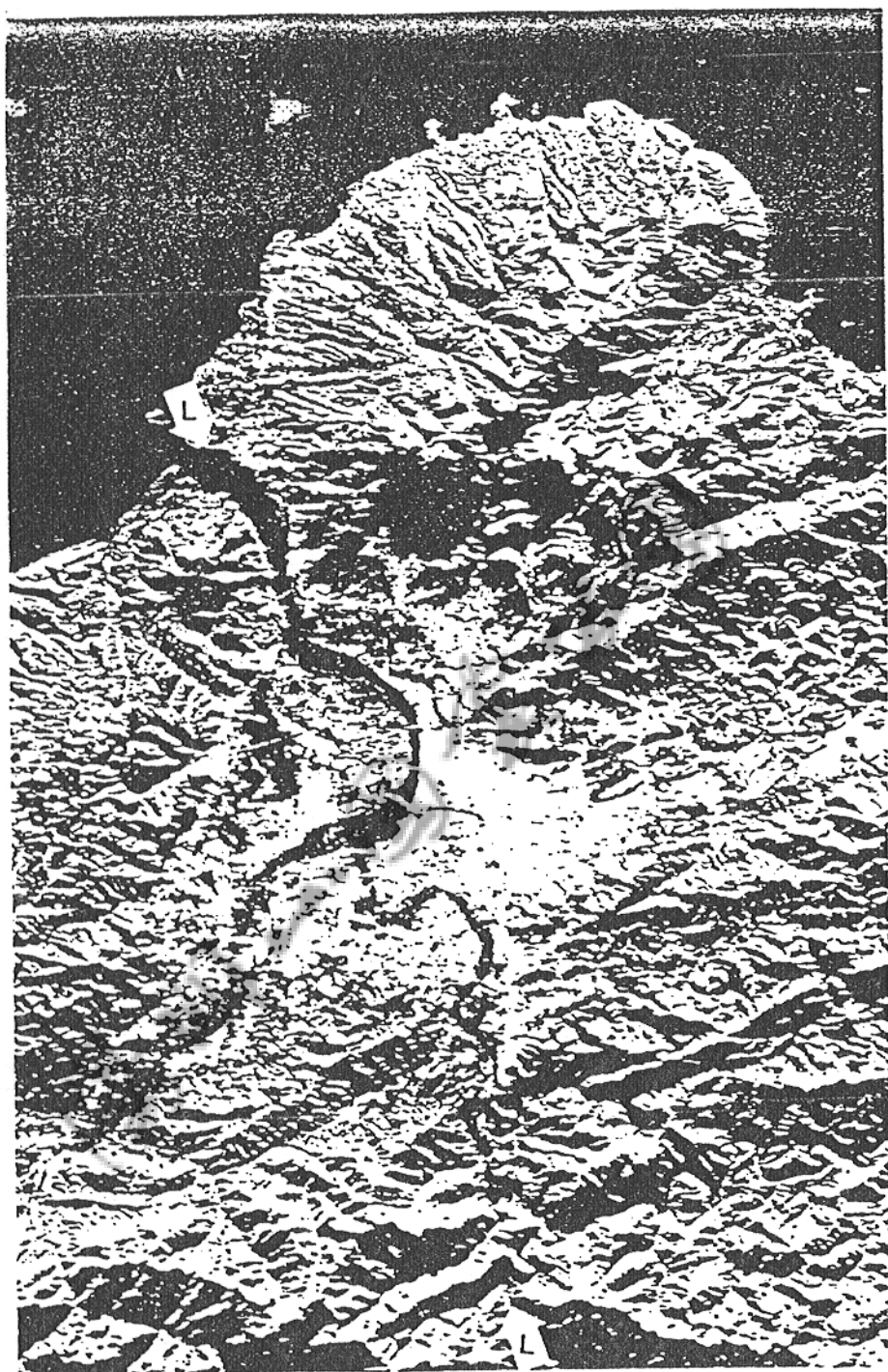


圖 2.1 大台北都會區南向側視雷達影像 (LL為新店影像)
(資料來源：能礦所)

3. 晚期

磺嘴山亞群：

冬瓜山熔岩 (大尖後山熔岩)

磺嘴山熔岩

兩層無名岩流

庚子坪岩流

鹿掘坪岩流

大孔尾岩流

頂中股岩流

大坪岩流

中西區：

七星山熔岩

紗帽山熔岩

陽明山熔岩

大屯山熔岩

2. 中期

東和東南區：

八煙山熔岩

丁火朽山熔岩

楠子山熔岩

頂山熔岩

大尖山熔岩

老寮湖山熔岩

麻瘋山熔岩 (七股山熔岩)

內寮山熔岩 (竹高山熔岩)

大坪尾岩流

嶺頭岩流 (燒庚寮亞群)

西和西北區：

竹子山熔岩

小觀音山熔岩

大屯山凝灰角礫岩

面天山熔岩

南大屯山熔岩

1. 早期

下部凝灰角礫岩

大油坑礦溪岩流

南勢山熔岩

陳與吳利用其野外建立之層位關係推論本區廣泛分佈之凝灰角礫岩 (tuf-faceous agglomerate) 可能分屬三個不同層位，此即經文獻廣泛引用之下部凝灰角礫岩，大屯山凝灰角礫岩與上部凝灰角礫岩，惟早期因缺乏絕對定年資料，層位之控制亦不完整；故前項之劃分是否正確，尚有研究之餘緒。

2.2. 大地構造與火成岩成因研究

根據板塊構造 (plate tectonics) 學說之研究，台灣地處歐亞板塊 (Eurasia plate) 與菲律賓海板塊 (Philippine sea plate) 相交接之輻輳地區；兩板塊之交界即台東縱谷，菲律賓海板塊並於花蓮北端約10公里處向下俯衝 (subduction) 於歐亞板塊之下，學界研究咸信陽明山國家公園區之火山活動，均與自更新世以來之菲律賓海板塊俯衝至歐亞板塊之下方，經融熔化為岩漿並循淺層地殼中脆弱之斷層構造上昇，形成大規模之火山活動，並造成了台灣北端獨特之地質地形特質。

台大地質系在阮維周、羅煥記、陳正宏、王源等之研究下，對本區火山岩之岩石成因曾推出不同之模型。(區域地質構造圖見圖2.2)王源 (Wang, 1970) 引用Kuno之理論，以氧化鉀之含量推得大屯山安山岩應形成於深度 150公里下，由俯衝隱沒之板塊經部份熔融而形成安山岩岩漿，此為關於本區岩漿庫位置、深度之最早資料。劉德慶與黃武良 (Liu & Hung, 1983) 研究大屯山亞群中之面天山、烘爐山之岩漿，認為由實驗岩石學之證據，岩漿庫應不深於70公里。陳正宏 (Chen, 1975, 1983) 則認為本區之火成岩於地下曾經複雜之結晶分化程序，由高鋁玄武岩分化形成，應為典型之島弧火成岩產物。

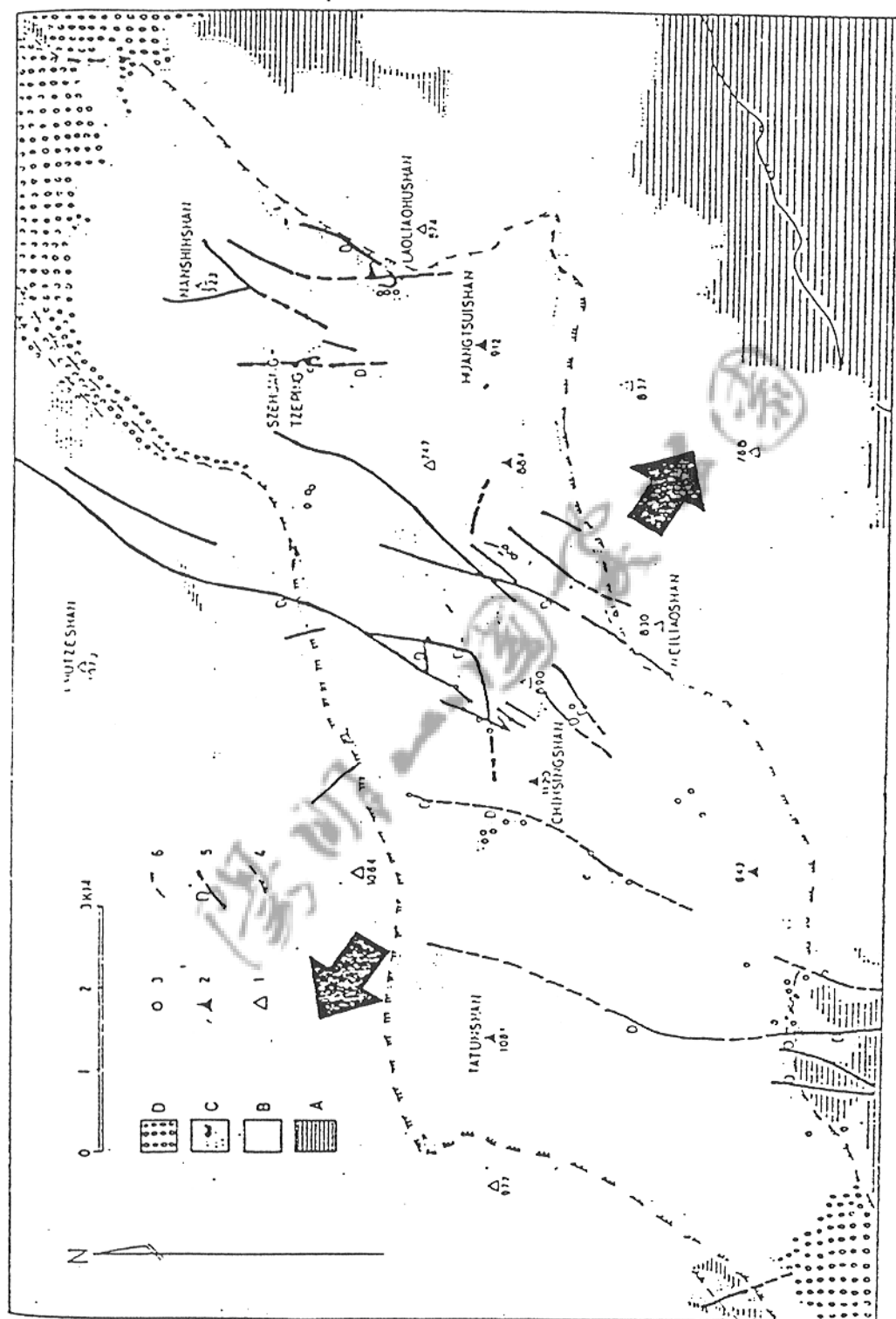


圖 2.2 大屯火山區地質構造圖。(a)中新世基盤地層，(b)更新世安山岩，(c)硫黃及黃鐵礦礦床(黑色)與換質環(點狀)，(d)沖基層；(1)較老火山，(2)較新火山，(3)溫泉，噴氣孔與硫氣孔，(4)逆斷層，(5)正斷層及裂理，D表示下降側，(6)圓盤陷落區。(修改自Wang, 1973)

表2.1 陽明山國家公園火山地質絕對定年成果表

地史分期	絕對定年(百萬年)	火 山
第 三 期	0.35—0.5	烘 爐 山 面 天 山
第 二 期	0.40±0.07	大 屯 山
	0.47±0.06 0.52±0.05	七 星 山 磺 嘴 山
	0.63±0.09	南大屯山(貴子坑熔岩流)
	0.82±0.11	七 星 山 紗 帽 山 小 觀 音 山
	0.62±0.09	南 子 山 亞 群
	0.61±0.10	丁 火 朽 山 亞 群
	0.60±0.10	竹 子 山 亞 群
第 一 期	2.5	大 屯 山
	2.8	丁 火 朽 山

2.3. 火山定年學之研究

至於火山活動之歷史，早期由於缺乏定年資料，故僅推斷屬上新世至更新世為其火山活動期。近數年來，始陸續有絕對定年之成果。莊文星與貝隆 (Juang & Bellon, 1984) 與莊文星 (Juang, 1988) 劉聰桂 (Liu, 1985) 、王文祥 (Wang, 1989) 對本區之安山岩、凝灰角礫岩之定年資料對瞭解本區之火山活動史極有幫助。利用鉀—鈾定年法，莊文星與貝隆提出火山活動分為三期之看法，即早期係始於 2.5 百萬年；中期係約 0.75 百萬年；晚期則約為 0.5 百萬年，惟對火山層之層位控制不足，對火山之深入探討仍不足。王文祥則有系統地探討園區內凝灰角礫岩之分佈，並利用核飛跡法 (Fission track method) 進行定年，根據成果顯示，園區內火山活動可分為兩個階段：第一階段約在 2.8~2.5 百萬年之間，以岩漿活動衝開基盤之活動性質為主，第二階段則約在 0.8~0.35 百萬年之間，各亞群均有劇烈的噴發活動，產生大量的熔岩與碎石岩，構成層狀火山，各亞群之噴發時間與停止噴發時間大體具有由東而西之特性，茲將本區火成岩之定年成果整理後表列如表 2.1。

此外，針對大屯火山區外圍之紅土台地之定年研究顯示，範圍廣泛之紅土台地並非由火山熔岩或火山凝灰角礫岩直接風化淋餘產生者。此點對園區內廣布之台地地形之成因提供重要參考，暗示某些紅土台地早期形成前曾經水流搬運與堆積，對有關之古地理研究為饒富興味之問題。

三.地形構造單元之辨識

3.1. 新期構造運動中之地質因素

在新期構造運動(neotectonism)之研究領域中，地形學之研究素為重要環節。地形之造成，其地質原因可分別歸屬外營力因素(exogenic factor)與內營力因素(endogenic factor)；其中外營力因素如地表不同環境下之風化、侵蝕作用，透過風、降雨、逕流等介質不停地雕刻大地，造成地形之變化，亦如堆積作用(accumulation)，風力、河流造成之陸相堆積、海岸之堆積、火山噴發活動造成之堆積等皆是。

內營力因素則係來自地底下，地殼內應力之變化造成構造(tectonics)之變動，如陸地隆昇(upheaval)、陷落(subsidence)、不等量傾動(tilt)、斷層移位(fault displacement)等，亦均對地形之造成直接相關。

上述之因素對造地形作用均有直接影響，唯何者是一個地區主要之造地形之主因是視地區性之地質條件而定。

3.2. 地形構造單元之意義

在地形受各種地質因素影響之狀況下，大部份地形特徵與地質狀況兩者歷時愈久，關聯性逐漸模糊轉淡，地表地形與地下地質構造之間，漸無成因上之關聯，然而，對於形成於地質歷史之近期者，往往地表地形即保留原始形成之風貌特徵，地表地形特徵與地質構造、地層有直接關聯，由地形特徵之分類、測繪與辨

識可將地表地形分為各種具特殊成因性的單元(elements)，不同的單元具有特殊之地形、地貌條件，且與其地質成因、地層之岩性、組成、構造、年代，具特定、密不可分之成因關鍵，此類單元特稱之為——地形構造單元(morpho-tectonic element)，即藉地形單元之辨識直接研究其地質構造之成因，與後期之構造變動對不同單元之影響；此一研究方法習用於新期構造運動

(neotectonism)之研究，素為構造地質學應用於工程地震學研究之重要工具。依據作者之研究，本省北部此一地形特徵顯著之火山岩地區亦具備此項地形特性，引用此一方法可提供一嶄新之角度來探索此一年輕之火山地質之地區，對瞭解本區之地質、地史與近期之構造活動應有助益。

3.3 地形構造單元之分類與辨識

依前述地形構造單元之定義，本區之地形具有特定構造關係而可以區別者，應可分四種類形：

- 1.火山錐
- 2.熔岩流
- 3.火山窪地
- 4.構造線

茲分別說明之。

3.3.1.火山錐

火山錐之錐狀山體、地形特徵顯著，由火山錐之地形特徵保存之狀況可間接推斷火山體噴發活動之年代，園區內之火山錐體大小計16座，大多具備雄偉之錐狀特徵，其中錐頂尚保有火山噴發口有13座。

3.3.2. 熔岩流

熔岩流自火山噴發口溢出後順地形向下流動，遇崖壁則受阻，過低谷則充滿使填平，對造地形自然影響很大，若熔岩流形成後未遇後期其它熔岩流覆蓋，未遭其它火山活動破壞，則熔岩流之地形特徵應可獲保存，在本區內凡屬熔岩流所造成之地形經野外勘查與空照圖判讀，可辨識者計有20單元，分屬小觀音山熔岩流、大屯山熔岩流、七星山熔岩流、磺嘴山熔岩流、與竹子山熔岩流、丁火朽山熔岩流等。部份文獻記載之熔岩流因遭覆蓋或侵蝕，地形不完整者則不屬地形構造單元。

3.3.3. 火山窪地

火山地形中，某些地形低陷且具特別地質意義者亦屬地質構造單元。石再添(石等，民國七十七年)等之研究，園區內之火山窪地有13處，其成因可歸納為四類，如河流侵蝕、鞍部、乾涸之堰塞湖、停止活動之噴氣孔等，惟地形之低地非皆可歸入地形構造單元之，需研究其組成物質之地質歷史或地形與構造活動之關連性，可以為評估與辨識之依據。

表 3.1 陽明山國家公園火山地質火山錐一覽表

編 號	名 稱	高 度 範 圍 (公尺)
C15	七 星 山	700 — 1120
C14	磺 嘴 山	700 — 912
C13	紗 帽 山 C13a	300 — 643
	C13b	200 — 367
C12	烘 爐 山	
C11	冬 瓜 山	550 — 868
C10	鹿 寮 坪 山	600 — 837
C 9	竹子山—小觀音山	400 — 1091
C 8	菜 公 坑 山	600 — 911
C 7	面 天 山	650 — 977
C 6	南 大 屯 山	725 — 878
C 5	山 豬 湖 山	400 — 560
C 4	水 井 尾 山	600 — 830
C 3	麻 瘋 山	450 — 798
C 2	南 勢 山	450 — 564
C 1	丁 火 朽 山	200 — 472

表3.2 陽明山國家公園火山地質熔岩流一覽表

編號	名 稱	高度範圍	估計厚度	備 註
L20	石 門熔岩流	0 - 350	175	屬小觀音山熔岩流
L19	百拉卡熔岩流	200 - 600	200	屬大屯山熔岩流
L18	頂青學熔岩流	270 - 725	225	
L17	興福寮熔岩流	180 - 725	270	
L16	南大屯熔岩流	200 - 725	260	
L15	竹子湖熔岩流	350 - 710	180	
L14	馬 槽熔岩流	400 - 600	100	屬七星山熔岩流
L13	陽明山熔岩流	200 - 700	250	
L12	冷水坑熔岩流	400 - 700	150	屬磺嘴山熔岩流
L11	八 煙熔岩流	150 - 550	200	
L10	頂中股熔岩流	150 - 650	200	
L 9	大孔尾熔岩流	200 - 700	250	
L 8	磺嘴山熔岩流	500 - 700	100	
L 7	嶺 頭熔岩流	30 - 429	180	屬竹子山熔岩流
L 6	小草山熔岩流	400 - 590	95	
L 5	內 寮熔岩流	350 - 510	80	
L 4	冷水窟熔岩流	550 - 862	155	
L 3	鹿窟坪熔岩流	500 - 680	90	
L 2	大 坪熔岩流	200 - 465	160	屬磺嘴山熔岩流
L 1	丁火朽山熔岩流	120 - 220	100	

表3.3 陽明山國家公園火山地質火山窪地一覽表

編號	名 稱	高度範圍 (m)	估計厚度 (m)	備 註
B1	中 山 樓	430— 500	200	介於 L13-L12 之間
B2	陽 明 公 園	450— 600	215	介於 L13-L15 之間
B3	東 竹 子 湖	600— 700	50	介於 L15-L15 之間
B4	西 竹 子 湖	600— 650	50	介於 L14-L15 之間
B5	冷 水 坑	800— 900	150	

於研究範圍內，部份地形之谷地經調查資料顯示，其地形特徵之形成原因係因特殊之地質構造影響為主，而地表河谷之侵蝕作用影響較小者；即地形特徵與構造具直接關連者，亦合於地形構造單元之定義。此類地形構造單元之可能代表下列地質意義之一者：

- A. 因構造活動導致陷落而成為地形之谷地者。
- B. 因火山活動之噴發而可能為早期噴發口，或鄰近噴發口而造地陷者。
- C. 因熔岩流流經周圍，導致原地形之谷地遭分隔開者。
- D. 因熔岩流流過，造成地形反轉 (topographic inversion) 現象。原地形之谷線因熔岩充填而壅高，谷線之間之原積線則反而構成今之谷區。

合於前述地形構造單元之定義者，如圖 3.1 所示，其位置多位於七星山畔，此點或許暗示七星山附近代表一原地形之寬廣谷地。

根據地形與構造特徵(參見圖3.1與圖3.2)，茲分別說明如后：

1. 中山樓谷地(B1)

中山樓之谷地位於L13與L12之間，明顯為兩道七星山熔岩流流經其兩側，後爰阻於紗帽山火山體之形成而圍出之谷地。谷地中硫氣孔作用興盛，谷地並有一破碎帶連接此一谷地與夢幻湖或冷水坑谷地馬槽地熱區等，經研判其可能代表構造低地之殘跡。

2. 陽明公園谷地(B2)

根據航照判讀，陽明山公園適位於七星山、紗帽山西側緩陂之間，由陽明公園、胡宗南墓、森林公園等所據之處，其地形圖等高線經此處很明顯均突向山側退縮，谷地東西兩側均為陡崖危立，構成一明顯之長方袋形谷地。據現場地質勘查與航照判釋，此一谷地恰位於小油坑斷層線上，本谷地極可能為一構造谷地。

3. 東竹子湖(B3)與西竹子湖(B4)

竹子湖谷地位於七星山西側與大屯山東側，地形上為一明顯之窪地，早期可能因火山熔岩之堵塞而曾積水成湖。谷地被一低緩火山熔岩所構成之小山丘由南而北分割為東、西兩狹形谷地，據研判，小山丘之形成可能因熔岩流經谷地中央低窪處，以致由地形之反轉而分割谷地為東、西二部份。

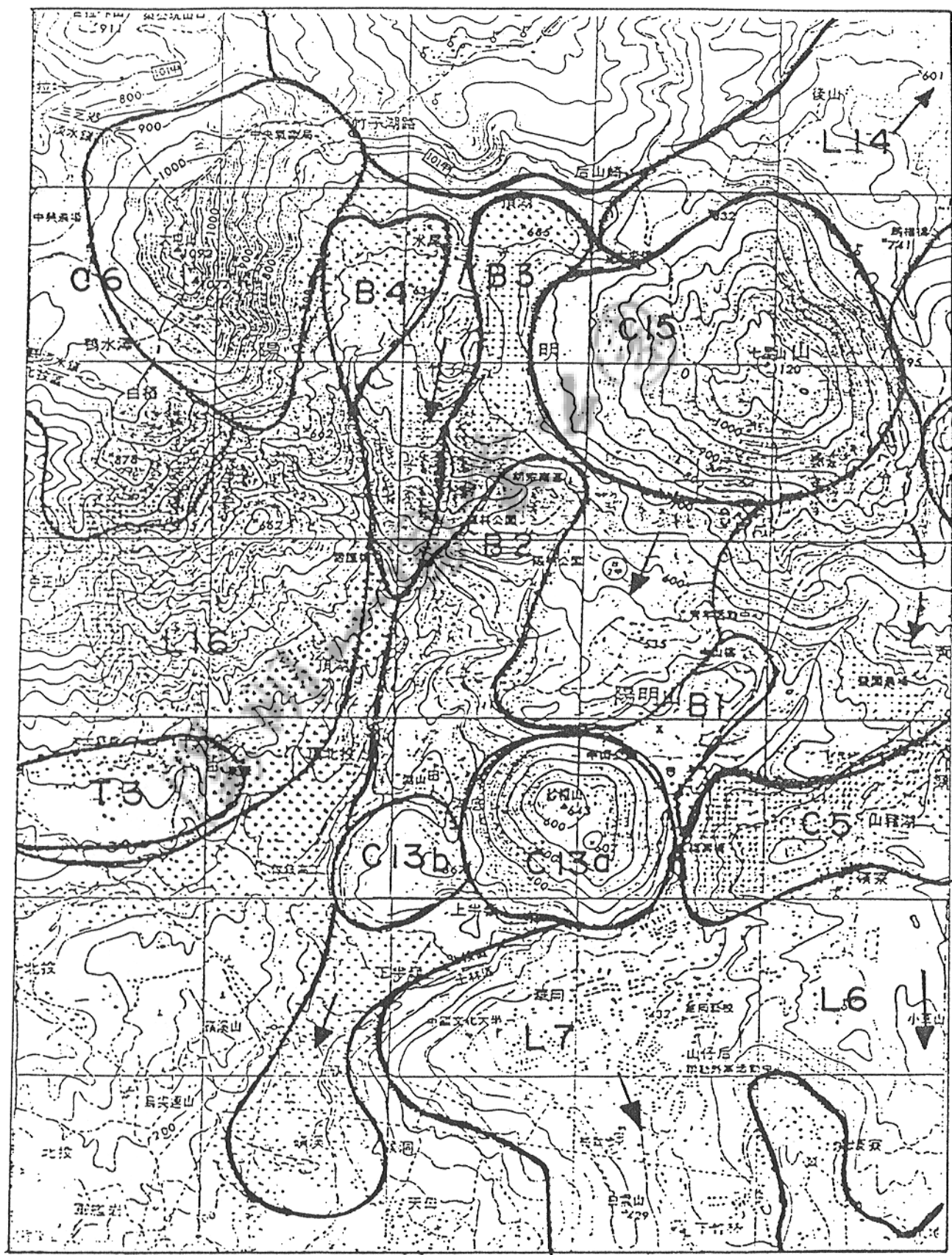


圖 3.2 七星山—紗帽山一帶地形構造單元位置圖

4. 冷水坑谷地

冷水坑位於七星山東側，癲瘋山西南側（見圖 3.1），以及太陽谷西側，由太陽谷－冷水坑一帶之地址觀察，概屬長期地形侵蝕作用下之老年期地形或早期熔岩台地受均夷作用影響之產物，地形平緩圓滑，在地形崢嶸之群山環境之中，特別凸顯其地形構造之意義。

5. 「古竹子湖」之追溯與地質意義

據作者觀察研判，冷水坑與前述中山樓谷地、陽明山國家公園谷地、東西竹子湖等環繞七星山周圍之谷地群均有關連，極可能均為早期之「古竹子湖」殘跡。此一「古竹子湖」代表一早期地形之一大型谷地，其位置應包含現今七星山與其周圍之五處地形窪地附近地區，或甚至可能包含紗帽山現址與其西側無名小山丘等區域；在火山活動之早期，此一「古竹子湖」為早期之構造谷地，介於大屯山－小觀音一系列火山與紗帽山水井寮－磺嘴山等系列火山之間，為長期火山活動造地方活動之下，最後之谷地。此一谷地在七星山噴發熔岩流四溢流散之下，最後僅存零散谷地之殘片，唯作者亦不排除局部斷層陷落作用亦間接促成谷地之形成。根據作者之研判，七星山之噴發伴隨相關之熔岩流之堆積之前，台北盆地與金山海岸之間可能存有谷地相連通（古磺溪），此一谷地之形成與金山斷層之活動以及火山活動長期持續之作用均可能受區域大地構造應力之牽引而彼此影響，互為因果。此一谷地因長期之火山岩堆積而漸窄，存留當時之古竹子湖其範圍已逐漸收斂。

3.3.4 構造線

根據調查資料顯示，園區範圍內除前述之火山錐、熔岩流、火山窪地等地形構造單元外，尚有線型構造單元，此構造線依其特性之不同可區分為下列三類：

I. 斷層線

II. 噴發軸線

III. 地形崖角線與原始山麓線

茲分述如后。

I. 斷層線

a. 金山斷層

金山斷層為北部主要之斷層構造之一，由關渡東南側台地崖邊經北投水磨坑地區進入陽明山、大屯山區下方，以北四十度東方向，向金山附近出海，素為北台灣最重要之斷層之一，唯由於地表直接出露之露頭幾謂全無，其在陽明山地區之推測位置可由中新世南莊層與漸新世之五指山層之直接接觸位置推斷而得，此外，由全區地形圖中關渡—新北投間台地崖角線以及磺溪溪谷，或頂中股—中角之連線之接近直線線型，可能與林口台地崖之東北向延伸有成因之關連。台北盆地西緣之台地崖為金山—新莊斷層於更新世後期陷落後形成者，故陽明山地區當時亦可能同受影響之形成地塹式 (graben-type) 之陷落或斷層角 (fault-angle depression) 式之陷落。

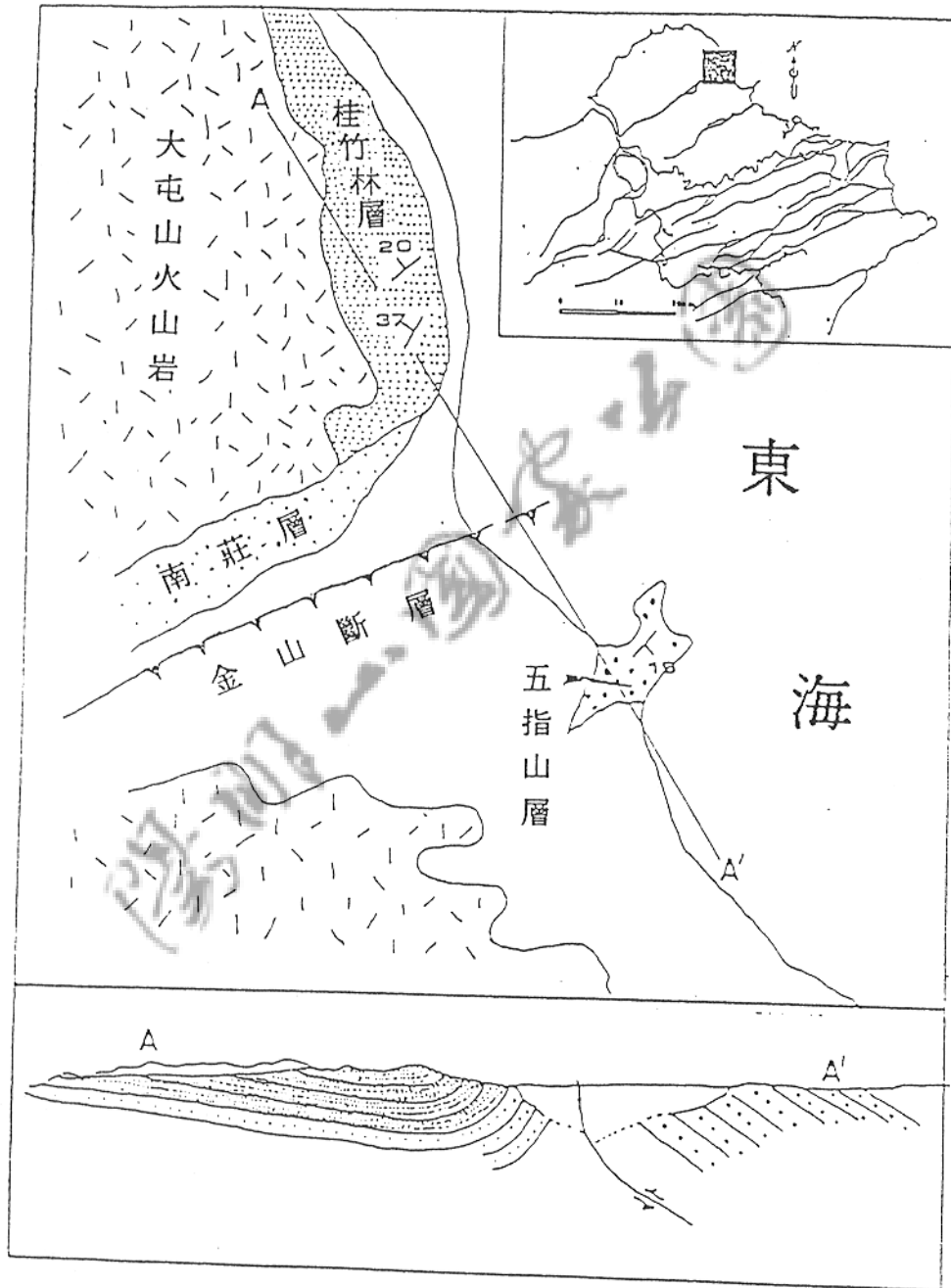


圖 3.3 金山斷層及其附近之地下岩層構造剖面示意圖。

雖然金山斷層之斷層線已幾不可尋，但仍留下一些蛛絲馬跡：在新北投復興崗附近，沿金山斷層線附近出露之五指山層形成倒轉摺皺（見圖3.4與圖3.5），很可能是受到金山斷層所影響。而不整合覆蓋在五指山層上之更新世沈積層與大屯山火山岩則受到明顯的傾動，顯見沈積物與上伏火成岩堆積後，區域之地殼變形仍持續中。金山海濱接近金山斷層線附近則亦有部份正斷層之證據，（如圖3.6）暗示此一逆掩斷層在地質歷史某些時期，曾因大地應力之變動而有轉變為正斷層活動。

b. 戛腳斷層

戛腳斷層亦為北部主要逆掩斷層，其地表之位置約略與瑪鍊溪與雙溪之連線相關。東南側之五指山層由東南向西北逆掩而上蓋在石底層之上。戛腳斷層地表露頭或線型均很明顯，為北部主要構造線，殆無疑義，唯作者需指出本斷層僅出現在台北盆地東端火成岩區之南端，其地質意義可能包含：

1. 戛腳斷層代表火成岩噴發活動之南緣邊界
2. 戛腳斷層並未穿過台北盆地之基底岩層而為淡水河—南勢溪此一西北—東南之構造線截斷。

c. 小油坑斷層

小油坑斷層為本區頗為特殊之一斷層構造，其地形特徵特別明顯，此一線型由北投大磺嘴之山谷以北十度東方向向

北經陽明山公園谷地邊緣，通過七星山西側至竹子山線型戛然而止此一線型上地形特徵，噴硫氣孔、溫泉孔密布，七星山西側通過處地形特徵特別明顯，小粗坑邊並有斷層之直接露頭。此一斷層與民國七十八年度本區發生之 $M=5.5$ 地震成因相關，可能為本區之一具活動性之斷層構造。(見圖3.7)

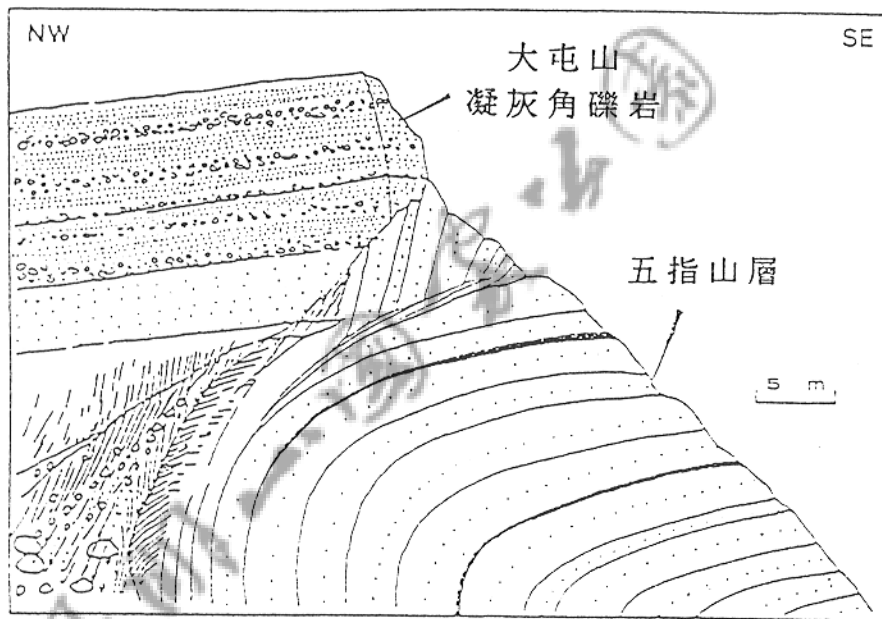


圖 3.4 野外露頭之描繪圖，位於台北市新北投復興崗附近。
下部受摺皺及斷層作用的地層為五指山層，不整合覆蓋
在五指山層上部的地層是大屯山凝灰角礫岩。

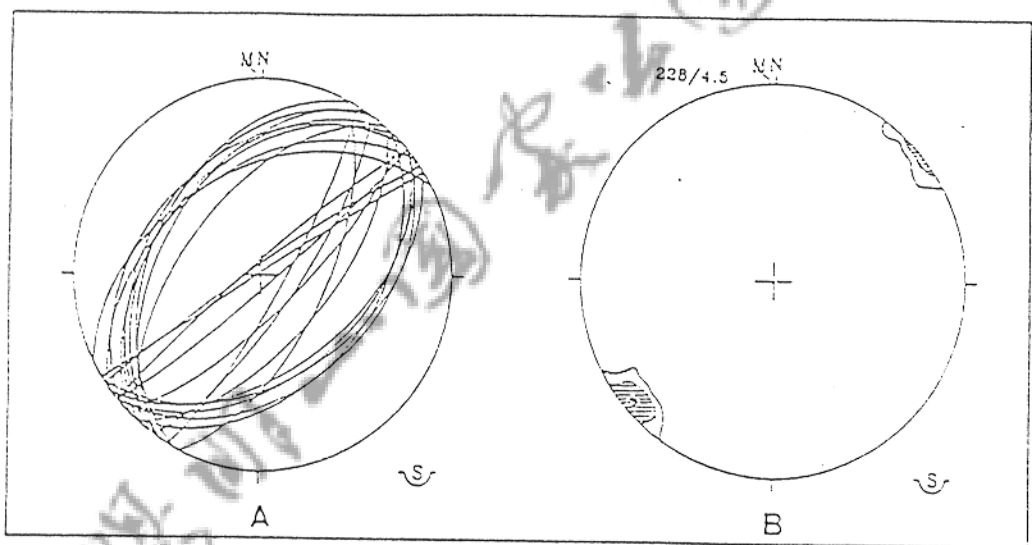


圖 3.5 復興崗一帶的摺皺構造的史密特下半球投影圖。
 A: 摺皺兩翼地層層面的投影。
 B: 摺皺軸之等密線圖。

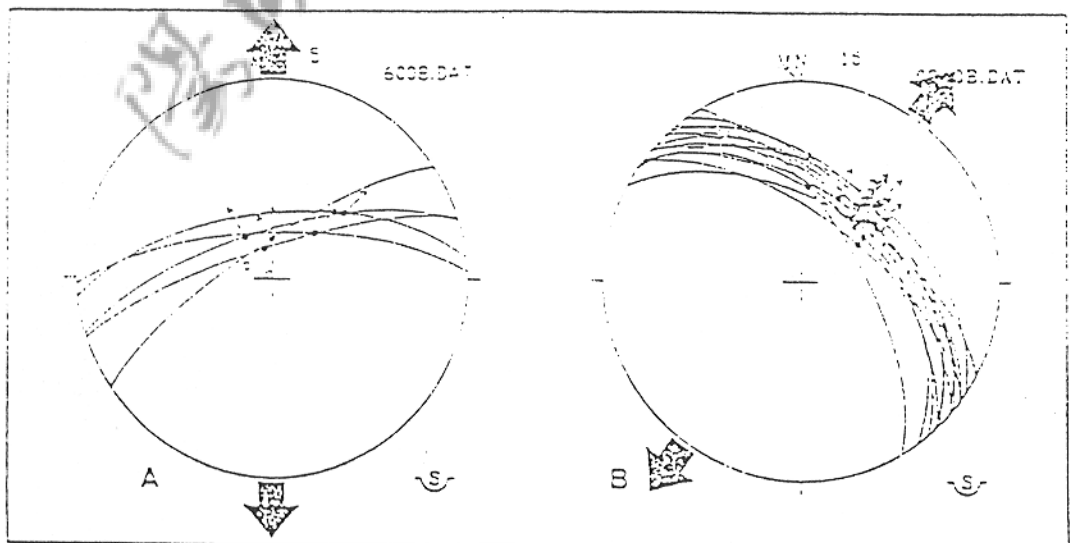
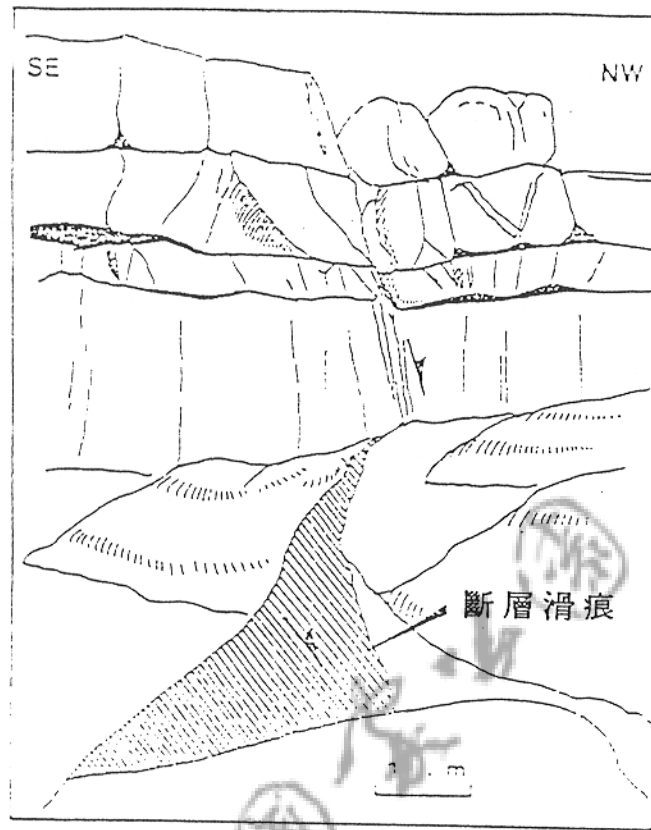


圖 3.6 金山海邊五指山層中之正斷層及斷層古應力分析投影圖
(引自盧佳遇，1990)

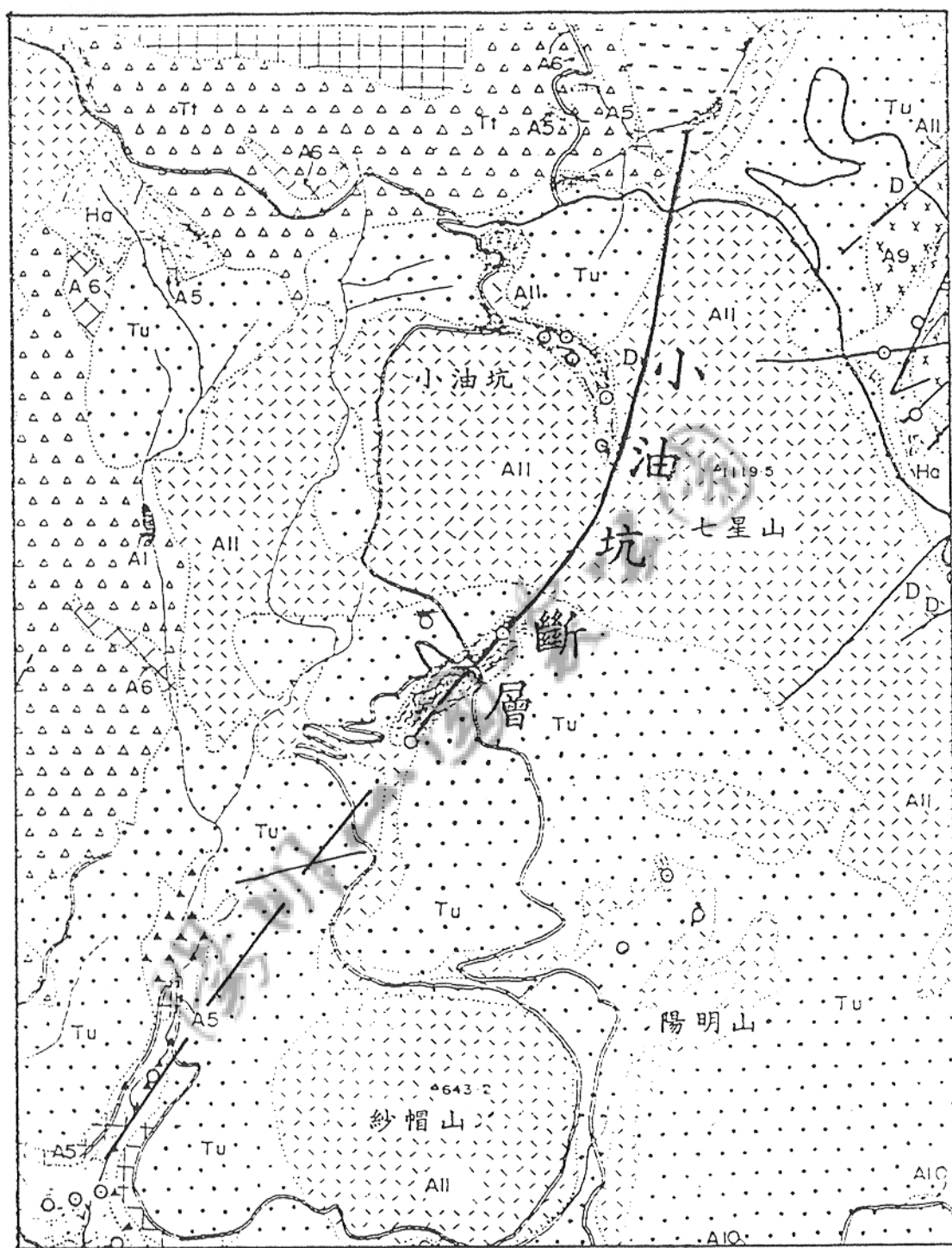


圖 3.7 小油坑斷層位置圖

II. 噴發軸線

a. 竹子山—小觀音山噴發軸線

竹子山、小觀音山之噴發依學界研究，咸信屬於裂隙噴發 (fissure eruption) 型態。由竹子山小觀音山雄偉之山勢觀察其東北—西南之走向或正代表其裂隙噴發之主要湧出軸線，其位置推估由大屯山峰線連接竹子山、小觀音山峰線而成，由於其位置鄰近金山斷層線，此一系系列裂隙噴發是否即早期金山斷層之活動導致岩漿沿斷層裂隙湧出，目前尚難斷言，唯其可能性應屬存在。此外，中正山 (L16)，面天山 (C7)，南大屯山 (C6) 等亦可能與此噴發軸線之活動相關。

b. 紗帽山—水井尾山—磺嘴山噴發軸線

本區火成岩中，由紗帽山—水井尾山—磺嘴山之火山錐所建成之線型成北東方向，此一線型為一明顯之噴發軸線，全部計有七座火山位於此一軸線上，如南勢山 (C2)，水井尾山 (C4)，紗帽山 (C13a 與 C13b)，冬瓜山 (C11)，磺嘴山 (C14)，山豬湖山 (C5) 等，噴發軸線極為明顯。此外，大量之熔岩流亦在軸線兩側分布，而且可以很明顯的看出，熔岩流以此軸線為界，北側均向北流佈，軸線南側之熔岩流則向南流佈，顯見此一噴發軸線形成較早，構成地形上之高區，限制了熔岩流之流向。

熔岩流之分布以山豬湖山南側與磺嘴山南北兩側地形單元之分布最為明顯，女嶺頭熔岩流，內寮山熔岩流等之流向雙溪方向，磺嘴山以北三重橋、頂中股之熔岩流流向磺溪並形成極明顯之熔岩台地，磺嘴山南側之大坪熔岩流穿越過南勢山與鹿寮坪山(C10)之間之地形低處，後遇戩腳(T18)丘陵擋其去路，後熔岩流轉向南勢山東而抵達芎蕉坪，熔岩流受地形影響而轉向，地形單元之發育良好，由此追溯前期地史，真可謂歷歷在目。

因此，由噴發軸線之研究可知本區火山錐之分布資料足供研判，全區之火山噴發概以北側竹子山—小觀音山噴發軸線與南側紗帽山—磺嘴山噴發軸線兩者為主，其餘零星散佈之火山體則或介乎兩軸線之間，或位處邊陲，關係不明顯，屬周邊之零星噴發活動。

為以宏觀之角度來觀察，或可謂更新世後期火山噴發活動，即以此兩軸線為主進行造地形之活動；當金山斷層與戩腳斷層之間因陷落而形成地形低窪之谷地後，兩條軸線上之火山陸續噴發出大量之火山材料，火山錐、熔岩流層層堆疊形成各類地形單元，遂形成今日特殊之地形地貌。

Ⅲ. 地形崖角線與原始山麓線

根據本區地形構造之研究，有數道地形崖角線 (topographical cliff-angle line) 與原始山麓線具有特殊意義，分述如下：

a. 關渡小平頂台地崖角線

關渡小平頂台地咸信與林口台地係屬同一成因形成之台地面，其東側陡峭之台地崖亦應與林口台地邊緣因陷落而形成之台地崖成因亦相同，此一地形特徵明顯之崖角線可能與金山斷層（或山腳斷層）所導致之盆地基盤陷落相關。

b. 頂中股海岸台地崖角線

磺嘴山東北數道熔岩流之發展至距今之海岸線約 3 公里處即戛然而止，其邊緣之連線向西北延伸亦是竹子山—小觀音山之熔岩流邊緣相接，迤邐相連構成一約略與現今海岸線平行之線型，大坪熔岩流之尾端亦接近此一線型，由頂中股台地之地形觀察，與典型之波蝕平台 (wavecut platform) 頗為神似，可能為抬昇之海蝕台地；而前述之線型則可能代表前期之海岸線，或為更新世後期某一海成台地之前緣。

c. 「古磺溪」崖角線

頂中股附近由磺嘴山流出熔岩流三道，（參見圖 3.8.）L9，L10，L11，其流路均由南向北流入磺溪，流路之中，三股熔岩流流經 A.B.C. 點處均可見熔岩流陡然下落，推測熔

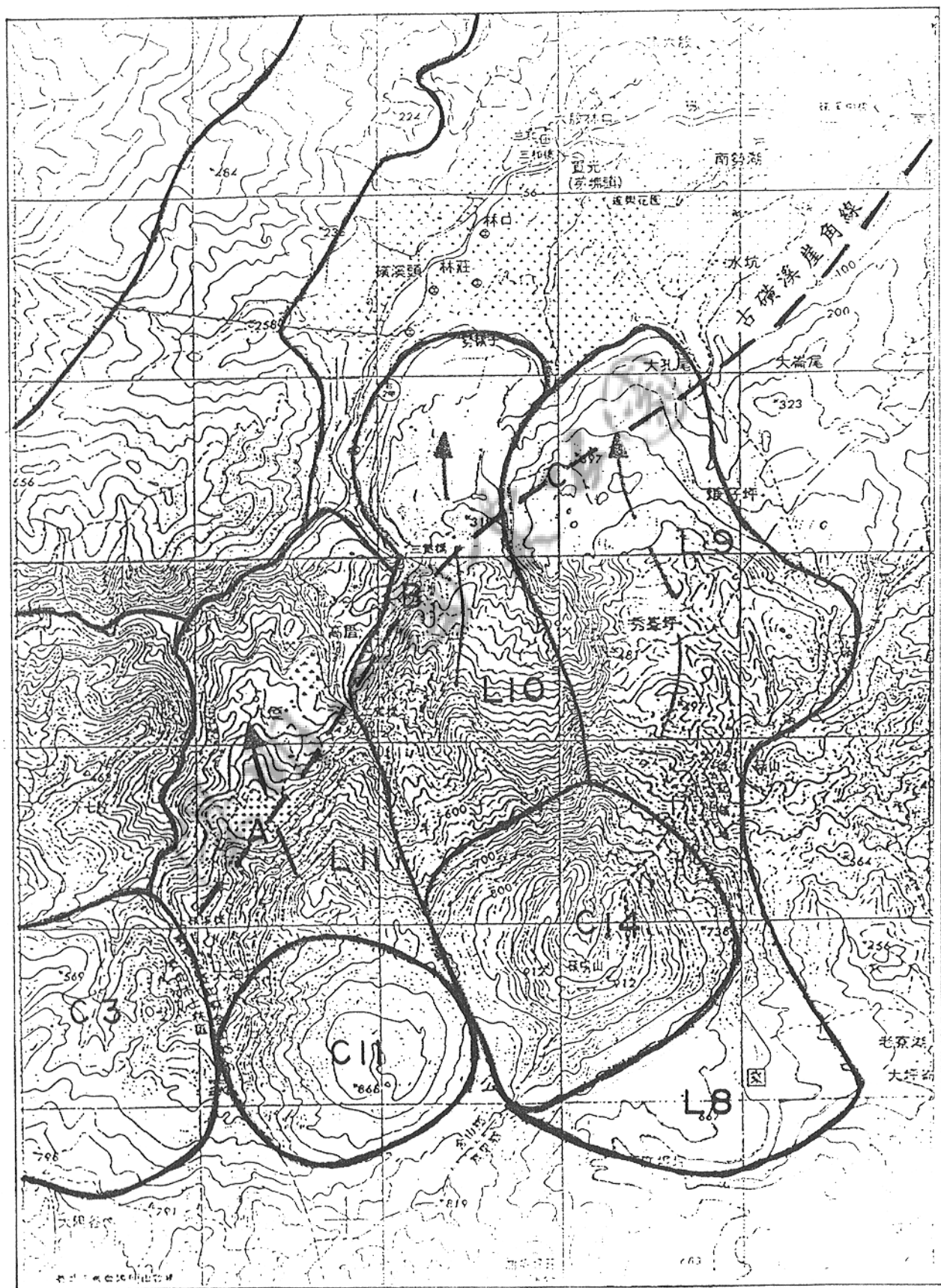


圖 3.8 礪嘴山附近地形構造單元位置圖

岩流之下伏原地形極可能為古礮溪之一陡崖，A.B.C.三點即構成陡崖之崖角線。當熔岩流由高往低處流散時，經陡崖處，因熔岩流之黏滯性，雖一洩而下，然將陡崖全部覆蓋，但仍留下流路之高低差。由此一陡崖之痕跡可進一步佐證原來之古礮溪較為寬闊，其與金山斷層之線型關連 更加明顯。

d. 嶺頭熔岩流下伏之山麓線

嶺頭熔岩流 (L7) 由山豬湖經山仔后而南流經雙溪故宮北側轉向西南流向芝山巖前而止。根據台北市自來水事業處委託工業技術研究院礦業研究所 (今能源所前身) 所進行之地下水源調查之鑽探資料，可知此一熔岩底之位置在故宮北側已深至海平面下約三十公尺處，而且熔岩流係流經古地形之谷地，由北向南流至故宮附近出谷而至盆地邊緣，由此一熔岩流之特徵可合理推測：

1. 熔岩流係經原始地形之谷地而流出，昔之低凹處轉為今日熔岩脊稜，為一典型之地形反轉 (topographic inversion) 。
2. 熔岩流至故宮附近轉向，可能受原山麓線之影響，出谷後遇雙溪而轉向西南。
3. 由熔岩流之流路研判，當時台北盆地似已形成，嶺頭熔岩流似為唯一流入台北盆地之熔岩流。

由此觀察，嶺頭熔岩流應為地質歷史較年輕之地質事件，唯確切年代尚需定年資料據以研判。

四、新期構造運動之研究

本區之新期構造活動可以分為

- (一) 區域之地殼上昇
 - (二) 火山活動歷史之再思
 - (三) 區域地震資料之回饋
 - (四) 區域性活動地質構造
- 等四部分說明之

4.1 區域之地殼上昇

北部地區更新世後期以來地殼上昇活動由海岸線上分布廣泛之海成台地以及內陸河川因切割而形成之河階台地之廣佈等可知地殼上昇活動極明顯，研究區因火山地形形成未久，河流短促，唯由河流遷急點 (nick point) 之高程分布頗集中之現象亦可知地盤持續上昇中。由於研究區內未採到合適之樣品，故研究區之台地定年以及區域地殼上昇率 (uplift rate) 迄今尚付之闕如，茲引述作者於本計劃進行同期於東北角瑞濱附近海成台地之實測數據為本區之參考，由該處之採樣，定年研究顯示，最近 40,000 年以來，區域性地殼，平均每年以 2.53mm 向上抬昇；咸信以此一數據來代表本區更新世後期之地殼上昇率應屬適當。

研究區高位之海成台地不明顯，可能因火山活動形成之大量角礫岩堆積與熔岩台地之形成使原先形成之海成台地遭覆蓋或破壞以致難以辨識，然而林口台地（標高 240公尺）根據近來之台地定年資料顯示，其年代極可能可與更新世後期最後間冰期（12.5 萬年）亦即 OIS 5e 之高水位時期所形成之海成台地可對比。

4.2 火山活動歷史之再思

在以新期構造運動之研究角度重新檢視本區之地質文獻、野外地形、地質特性，並根據地形構造單元之辨識後，研究區之火山活動歷史得以重新描述，相關之地質事件亦得以依發生次序予以編排，下述之火山活動歷史代表作者之看法，其中地質事件多係根據王文祥與劉聰桂等學者之實際定年數據為依。作者茲將火山活動分為四個時期：

第一期：2.8ma - 2.5ma，金山斷層與崁腳斷層間之中新世地層因地下岩漿活動興盛沿斷層裂隙上昇，最先之形成丁火朽火山接近崁腳斷層，大屯山西部或大磧嘴則接近金山斷層斷裂帶。

第二期：0.8ma - 0.5ma 之間；圖本區最主要之火山活動期，由丁火朽山、楠子山等火山錐及早期之熔岩流至大屯山、七星山、紗帽山山腹之熔岩流等之形成，以至大屯山熔岩流流至貴子坑溪一帶直接覆蓋於卵礫石層與沙灘堆積。於接近本期之後段尾端，竹子山一小觀音山之裂隙噴發湧出大量熔岩，本階段亦可能係金山斷層斷裂帶活動開裂之時期，當時位於現今台北盆地與金山海岸之間可能形成一東北方向之谷地，該谷地則未遭裂隙湧出之熔岩流填滿。

第三期：0.5ma - 0.35ma之間。七星山、磺嘴山、面天山、烘爐山等火山口保存最完整之火山體噴發，大量熔岩湧出，導至古竹子湖大部遭填塞，東西竹子湖下游遭堰塞，以至積水成小湖，後則因侵蝕而湖水洩失。本期火山活動對現況地形之影響最大。

第四期：0.35ma - 0.01ma 之間。面天山湧出之熔岩流直接覆蓋於與林口台地同期形成之小坪頂台地面，顯示至距今十二萬五千年（即 OIS 5e 期）以來仍有間歇之火山活動；台北盆地松山層早期之鑽探資料亦有火山灰之記錄，顯示園區之火山活動應可持續至更新世最後期。本期火山活動應已趨微弱，以致學界之採樣鮮有定年之直接證據。

火山活動之地質記錄經整理如表 4.1 。

表4.1 火山活動地質記錄一覽表

地質事件 地質時間 (ma)	造成火山體或亞群	地 質 事 件 特 徵	活動期
0.01—0.35	小坪頂熔岩流	面天山活動流出熔岩流覆蓋小坪頂紅土台地；台北盆地松山層有火山灰沉積。	IV
0.35—0.50	烘爐山 面天山	形成烘爐山與面天山火山體與頂部地形	III
0.47±0.07	大屯山	此為大屯山熔岩流最後活動記錄	
0.47±0.06 0.52±0.05	七星山 磺嘴山	形成七星山頂部地形；擎天崗與竹子湖低地之形亦屬同期	
0.50—0.65	竹子山亞群	裂隙噴發，形成大片兩輝石安山岩熔，構成宏偉竹子山山體，熔岩流與角礫岩塊向北或西北流動，可能覆蓋於老地形面或早期局部之海成台地之上。	II
	大屯山亞群	形成北投行義路、天母熔岩流	
0.63±0.09	貴子坑溪源頭之熔岩流	紗帽山或大屯山亞群之熔岩流流出至貴子坑溪附近，接近原海岸線，直接覆蓋於沙灘之卵礫石與砂層之上。本地層後遭構造傾動。中正山熔岩流之形成亦可能屬同期	
0.61±0.10 0.62±0.09	丁火朽山亞群 湊子山亞群	本期為地質歷史中之主要火山活動期，噴發活動範圍廣泛；形成厚層黑雲母角閃石安山岩，（可夾出現兩輝石安山岩熔岩流、湊子山、丁火朽、大屯山均為主要噴發活動造成。	
0.82±0.11 (劉，1985)	七星山 紗帽山 小觀音山	形成七星山、紗帽山、小觀音山等主要山腹熔岩流之堆積，造成綿延之山系。	
2.50	大屯山西部 大磺嘴	大磺嘴為早期噴發火山口之殘餘地形，本期熔岩流以角閃一輝石安山岩為主。	I
2.8	丁火朽山	形成厚層以細顆粒火山岩基質為主之火山角礫岩層，主要噴發主要在丁火朽山附近；後期上覆厚度達50公尺之橄欖石一角閃安山岩。	

4.3 區域性地震資料之回饋

茲將本區近年來實際偵測而得之地震資料作一系列之整理。圖 4.1 至圖 4.3 為區域地震之震央分布狀況；為了解地震震源分布與斷層之關連，經將規模大於 2 之地震震源資料投影至與區域斷層方向直交之 ab 剖面上，其結果見圖 4.4 至圖 4.5。

經分析圖 4.6，地震震源之空間分布具有下列數項特徵：

1. 本區之地震活動係以淺層為主，絕大部分之地震震源深度在 15 公里以內。
2. 剖面之研究可得知雙溪至澳底一帶，地震活動明顯較沉寂，存在一無地震區 (aseismic zone)。
3. 地震之活動有明確之南北界限，北側界限之空間位置與金山斷層之位置重合，由震源分布剖面可推知該界面約以 60° 向東南側傾斜；南側界限則約略與崁腳斷層位置頗接近，界面以 75° 向北傾斜，兩界面相夾之區域構成一明顯地震活動密集區此區與火山活動區幾完全重合，a, b 兩點分別代表剖面上界面所在之位置。上述資料顯示本區地震確與金山斷層與崁腳斷層具有明顯關連，此一關連性迄今仍存在。
4. 剖面中深度 5 公里至 15 公里之間，地震震源均勻成帶狀分布，應與地下地殼之變形或地熱活動有直接關連，或可代表台灣北部地下岩漿活動之證據。

5. 深度在15公里以下，僅餘極少數之地震活動，唯空間分布仍顯示活動雖微弱，但具有空間關連性。作者以為，深處少數地震活動與深部地殼應力之變化或岩漿活動之證據，或可能代表地下深部因應力變化導致部份熔融新生之岩漿之上昇管道。地震剖面資料經局部放大後，經圖示如圖4.6 以為示意。

TTSN HYPOCENTER MAP

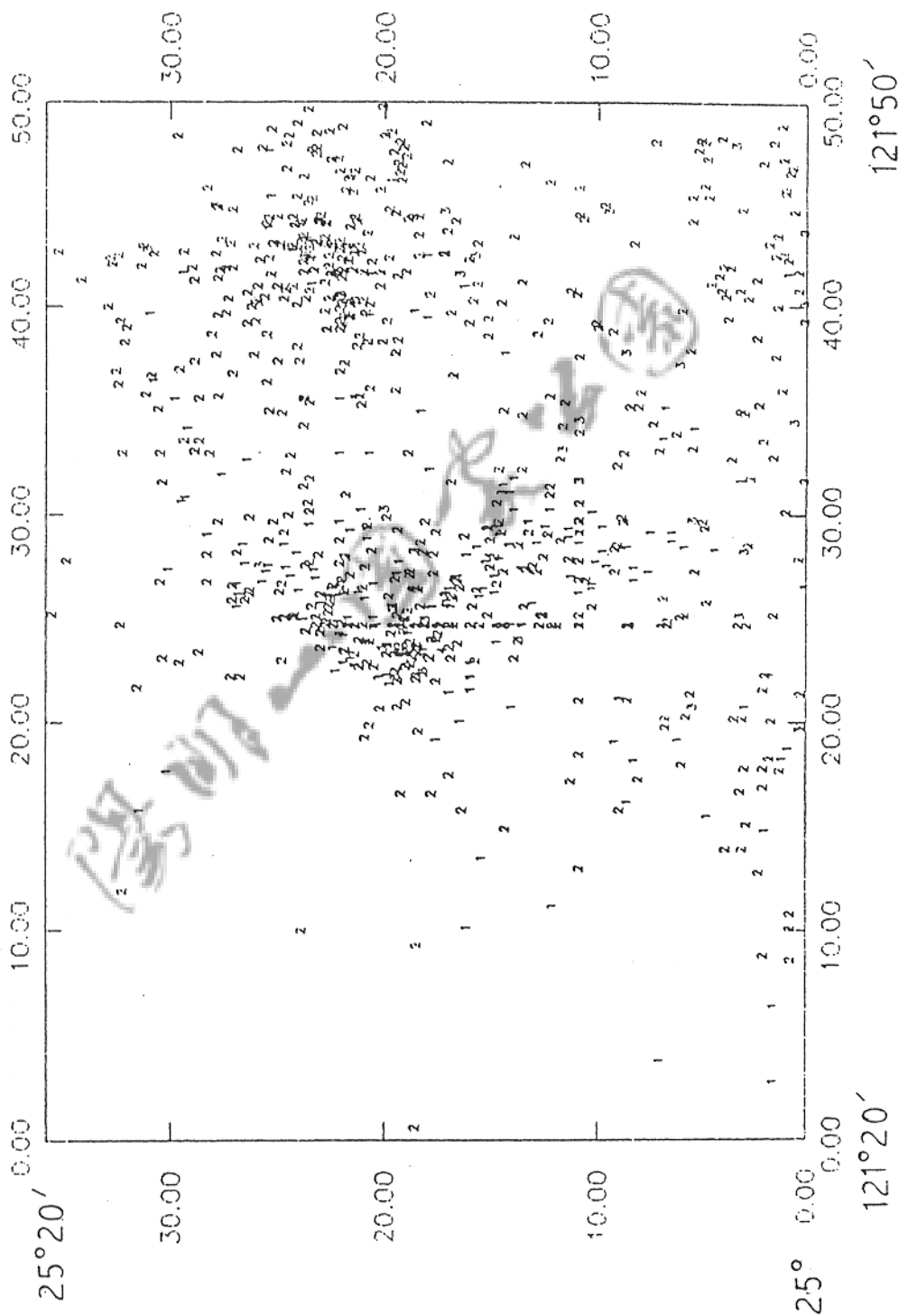


圖 4.1 陽明山地區地震震央分布

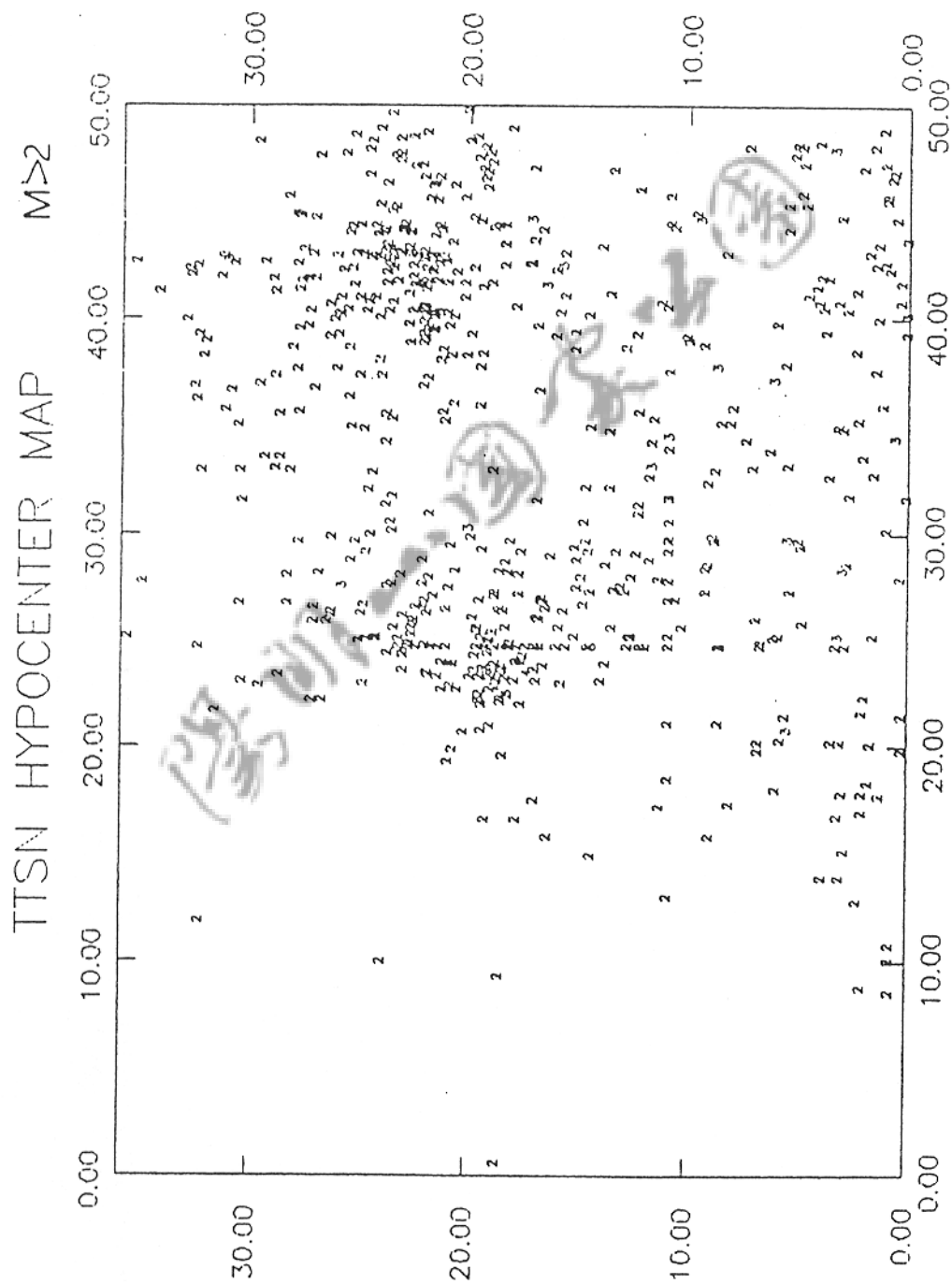


圖 4.2 陽明山地區地震 ($M \geq 2$) 震央分布圖

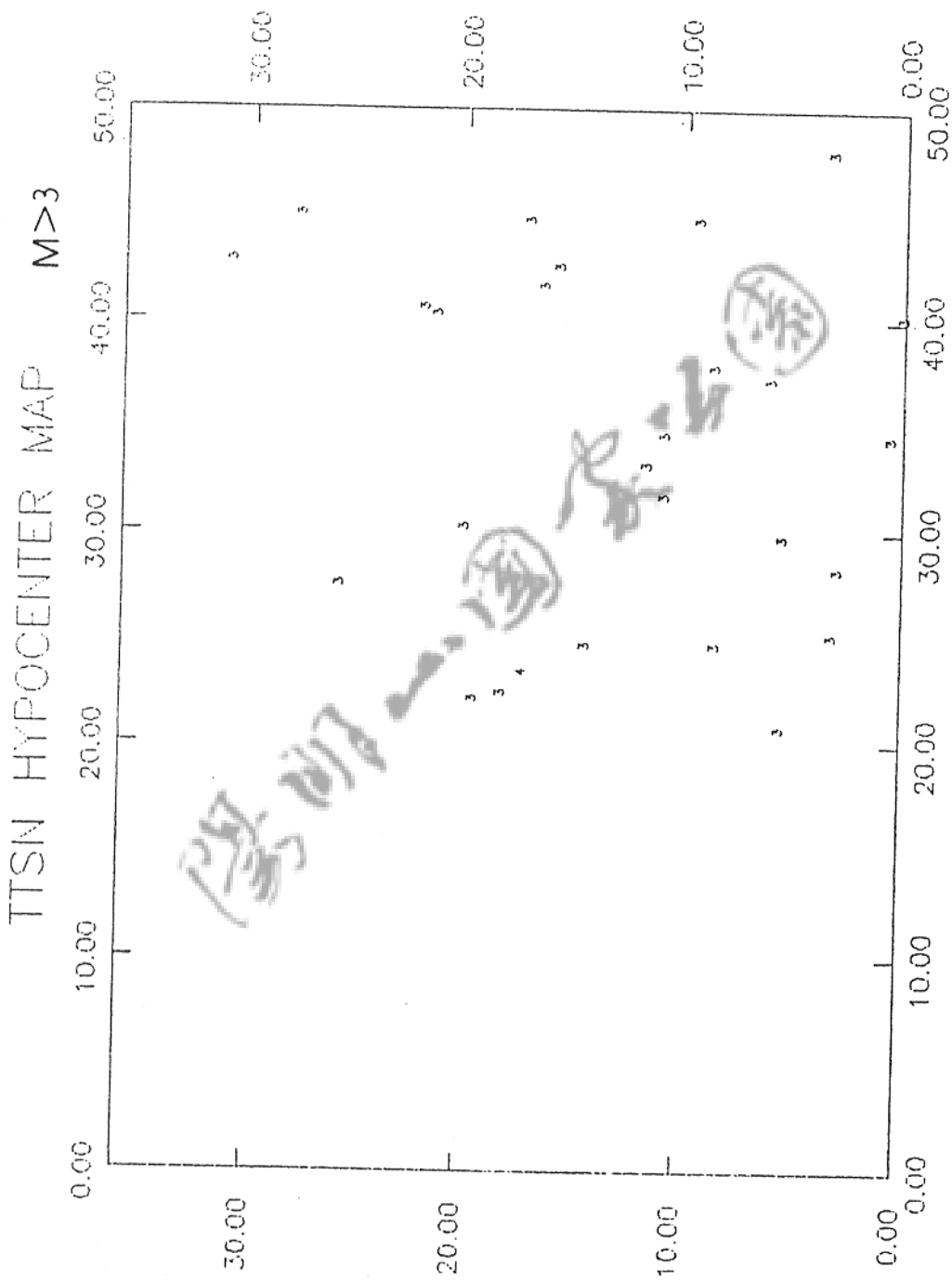


圖 4.3 陽明山地區地震 ($M > 3$) 震央分布圖



圖 4.4 陽明山國家公園區域地震資料投影剖面

DATUNSAN TTSN HYPOCENTER

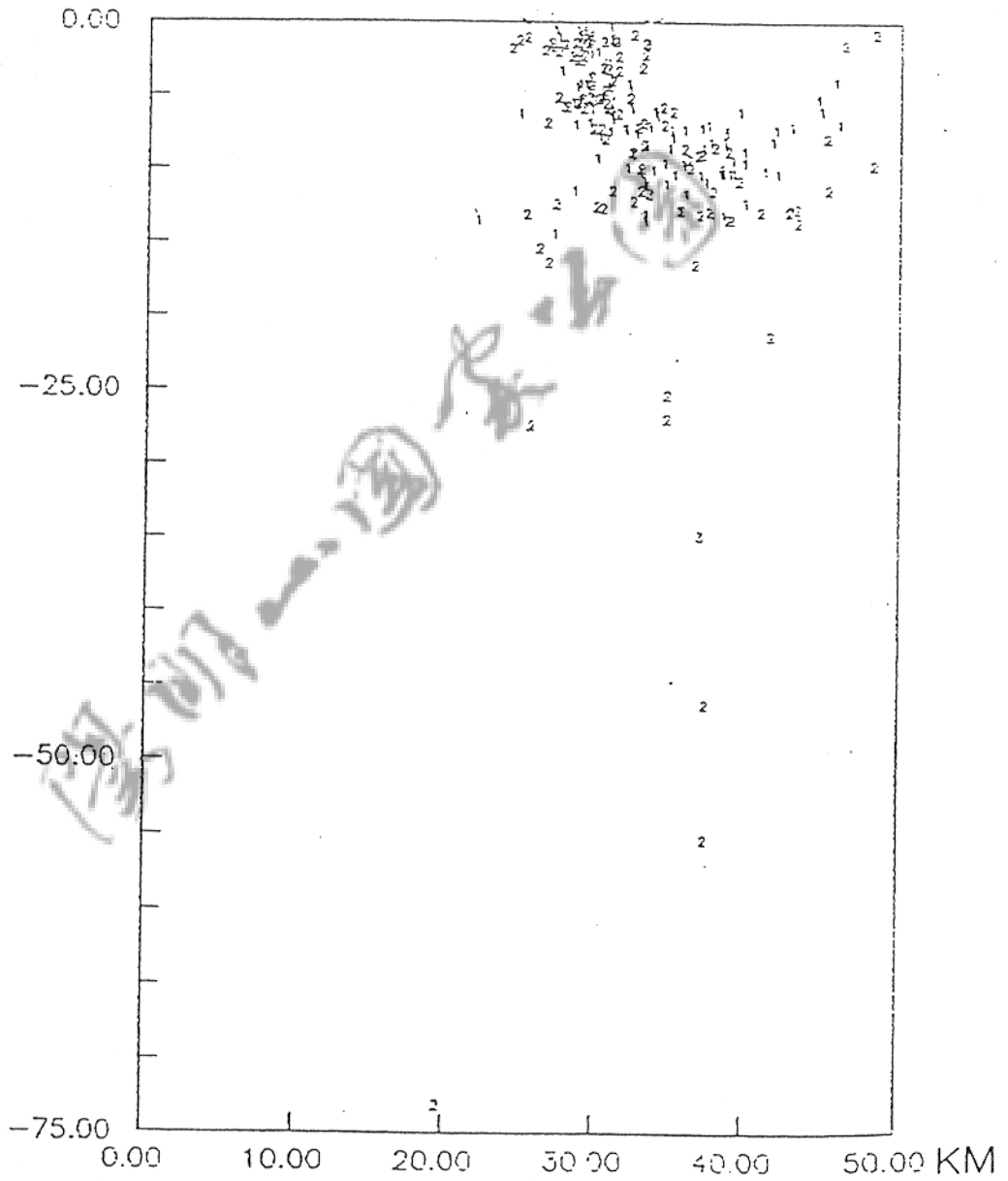


圖 4.5 陽明山地區地震震源分布投影

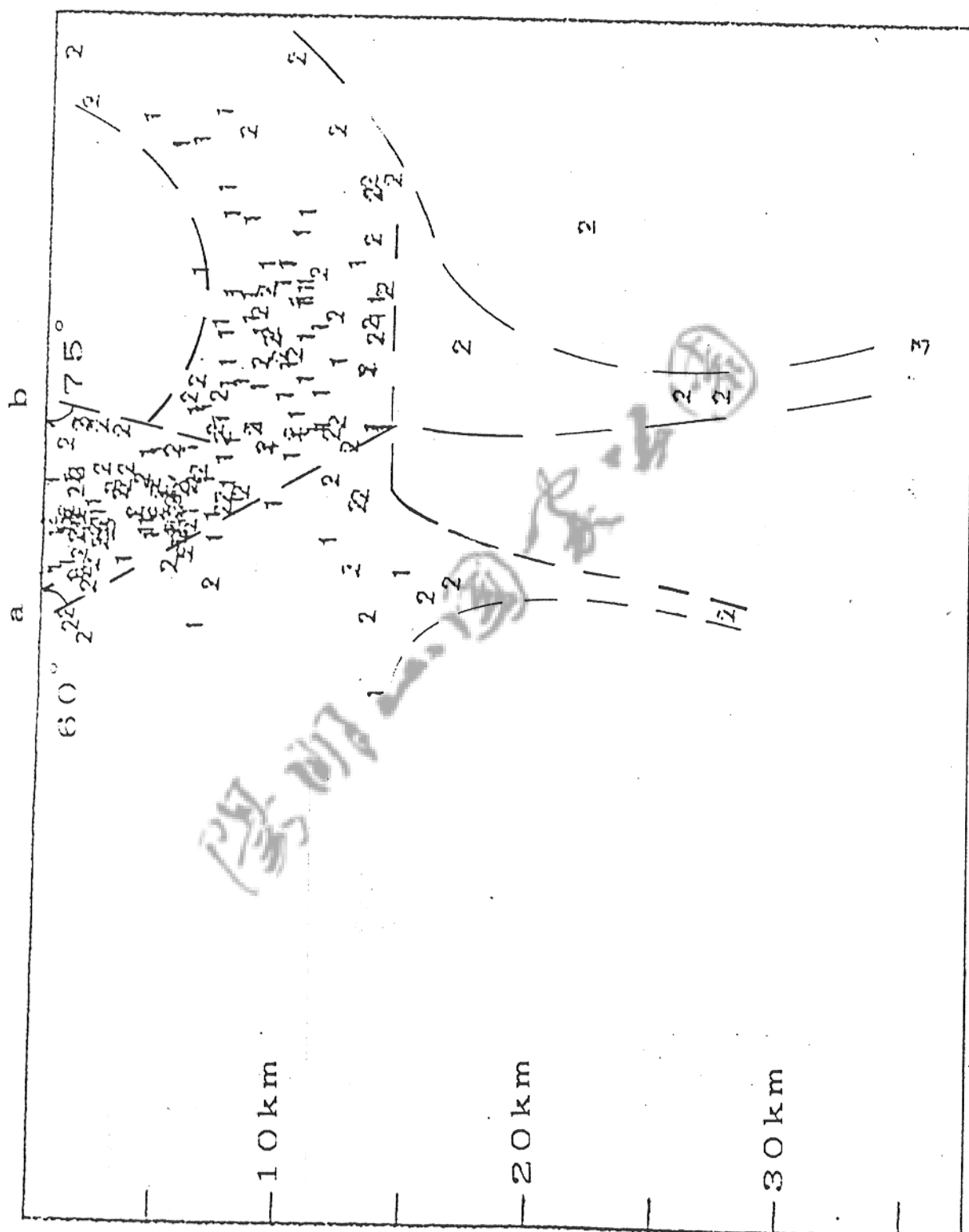


圖 4.6 陽明山國家公園區地下地質模型示意圖

4.4. 區域性活動之地質構造

本研究針對園區之新期構造運動為標的，因此區域性活動之地質構造或具活動潛勢之地質構造特別闡述自屬不可或缺。本區在歷年來之地質文獻中，從無被認定確切屬活動 (active) 之地質構造，然而，根據作者之研究，本區中之小油坑斷層與金山斷層兩者具有活動潛勢，特別值得注意，茲分別說明如后。

4.4.1 小油坑斷層

小油坑斷層據前節所述，為本區地形構造單元中線形特徵特別明顯，沿線並伴隨溫泉、硫氣噴口、陷落地形線形谷，於小油坑地質景觀特別保護區崖壁上之露頭更明示凝灰角礫岩地層遭截斷；就地質證據而言，可謂強烈而明確為新期之斷層構造。此外民國七十七年七月三日發生於本區之強震 ($M=5.5$)，由地震之震源位置位於七星山東側，震源深度 15 公里，由震源關係推估，作者以小油坑斷層之可能性最大，顯示本區地下大地構造應力變化仍持續發展中，因地殼內部應力之變化反映至地表之諸多活動證據；佐證以馬槽地區曾經發生之氣爆、土石流崩塌等可知地下地質變因仍多，園區管理單位應密切注意相關變化，對各種可能發生之地質災害預為防範。

大屯火山區民國七十七年六月至七月地震紀錄見表 4.2。

表4.2 大屯火山區 77 年 6 月之地震記錄表

次 數	發 震 時 間					震 央			震 深	規 模	
	年	月	日	時	分	緯 度	經 度	地 點			
1	1988	6	11	08	31			鞍部附近			鞍部2級
2	1988	6	11	08	43			鞍部附近			鞍部2級
3	1988	6	22	09	51	25.24N	121.61N	鞍部東北10公里	2	5.0	鞍部3級
4	1988	7	03	13	20	25.3N	121.5E	台北東北10公里	15	5.5	鞍部4級
5	1988	7	03	13	24			鞍部附近			鞍部1級
6	1988	7	03	13	24			鞍部附近			鞍部2級
7	1988	7	03	14	02			鞍部附近			鞍部2級
8	1988	7	03	14	03			鞍部附近			鞍部3級
9	1988	7	07	14	09			鞍部附近			鞍部2級

4.4.2. 金山斷層

作為北台灣主要構造線之金山斷層在大屯火山區構造意義特殊，茲分別說明如后：

1. 金山斷層原為本省北部東北—西南向逆掩斷層中之一支，且為北部逆掩斷層中最西邊之一系統，即為逆掩斷層之西界，此點亦可能暗示由此西去大地構造狀況已變化。在第四紀構造運動之後期，沿此斷層演變為正斷層運動而形成台北盆地之陷落，且關連性即可見端倪。
2. 由大屯火山區整體觀之，不難窺知金山斷層與茨腳斷層兩者為火山活動之東、西兩界，在兩斷層中間顯然形成一正斷層活動之陷落帶，陷落帶下方之岩漿沿裂隙上昇形成火山噴發活動，噴發活動由2.8 ma開始，間歇性噴發持續至0.2 ma，其間火山岩地層受持續陷落之影響地表之斷層裂隙亦逐漸發展成以北東為主之斷層—裂隙系統，並沿此裂隙系統形成大量之硫氣孔，熱液換質帶，以平面分佈之情況觀之（見圖2.2），此一大量局部斷層所構成之斷裂系統實為地下深處基盤中斷層位移，陷入之地表象（ground effect）。
3. 前述斷層—裂隙系統在北投大磺嘴附近之分布與地質圖見圖4.7，七星山、麻瘋山、馬槽一帶之斷層裂隙系統則見圖4.8。

4. 金山斷層之地表相關證據以北投復興崗、貴子坑一帶之地質為最具代表性，如前節所述貴子坑之倒轉構造與傾動之第四紀沉積物地層強烈暗示該區地層向下扭拉之應力作用導致形成該特殊倒轉構造，且降側在東側。
5. 北投大磺嘴一帶之斷層－裂隙構造顯示數道南北向之斷層通過該區，且在大磺嘴以東，斷層西側屬降側，大磺嘴以西則斷層東側屬降側，顯示斷層系統之陷落中心適緊鄰大磺嘴地區西側。由於大磺嘴為本地區熱液活動、碎氣孔分佈等火山活動特徵範圍最廣程度最劇烈之地區，兩者之關連性亦足証前述構造地質之推論堪稱信而有徵。
6. 貴子坑溪源頭（地質圖見圖4.9）北投之不動瀑布原意本指本區之白色黏土層在未開發前遠望彷彿不動之瀑布。據其黏土層分布之地質意義而言，此一白色黏土層可能原為通過五指山層中金山斷層分支之一斷層黏土帶或包含斷層帶相關之崩積層遭強烈熱液換質作用影響形成之黏土層。此點亦足證下伏基盤中之斷層位移影響所及範圍既深，面積亦廣，誠為本區地質作用中之一主要因素。

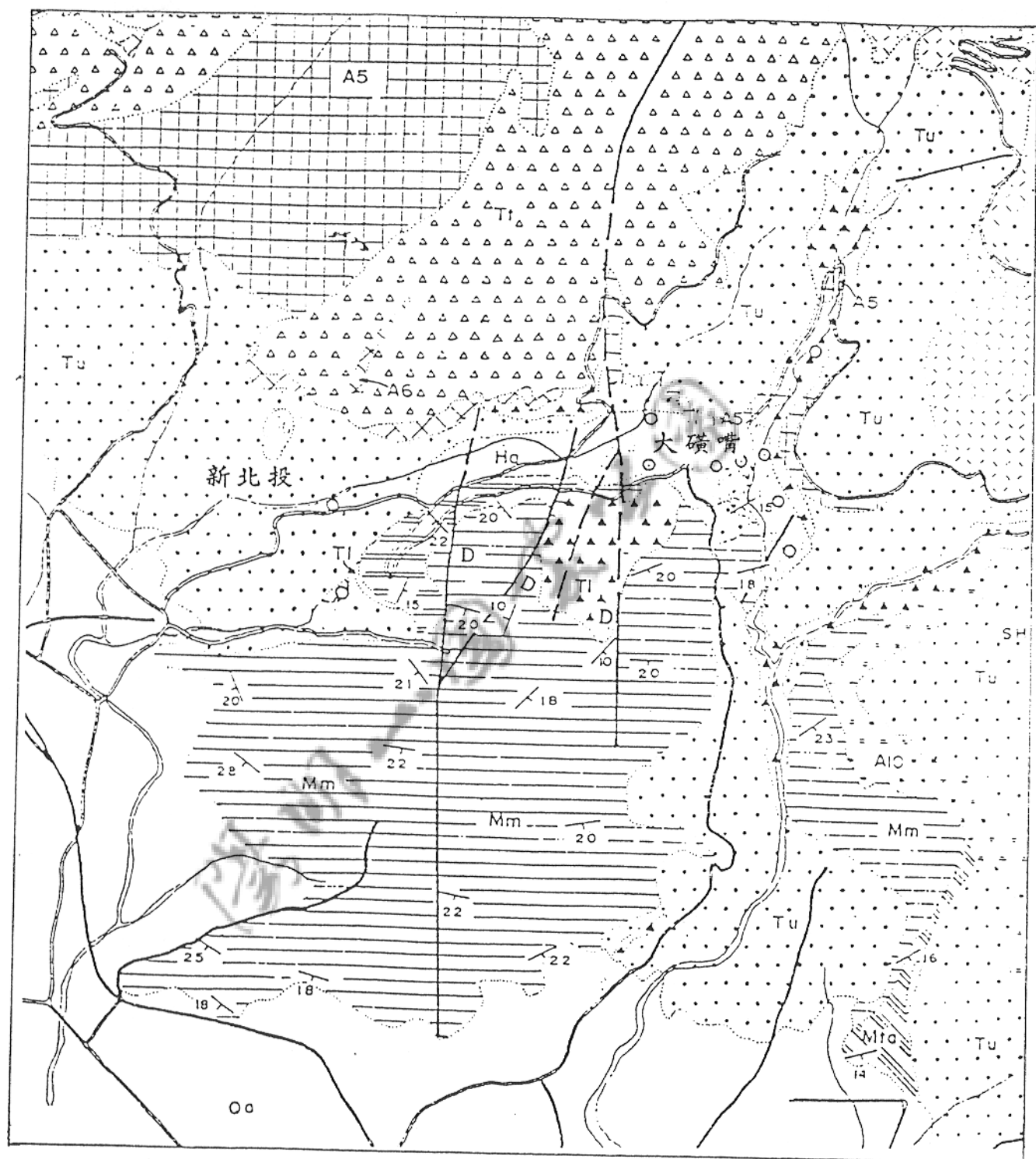


圖 4.7 北投大磺嘴地區地質圖

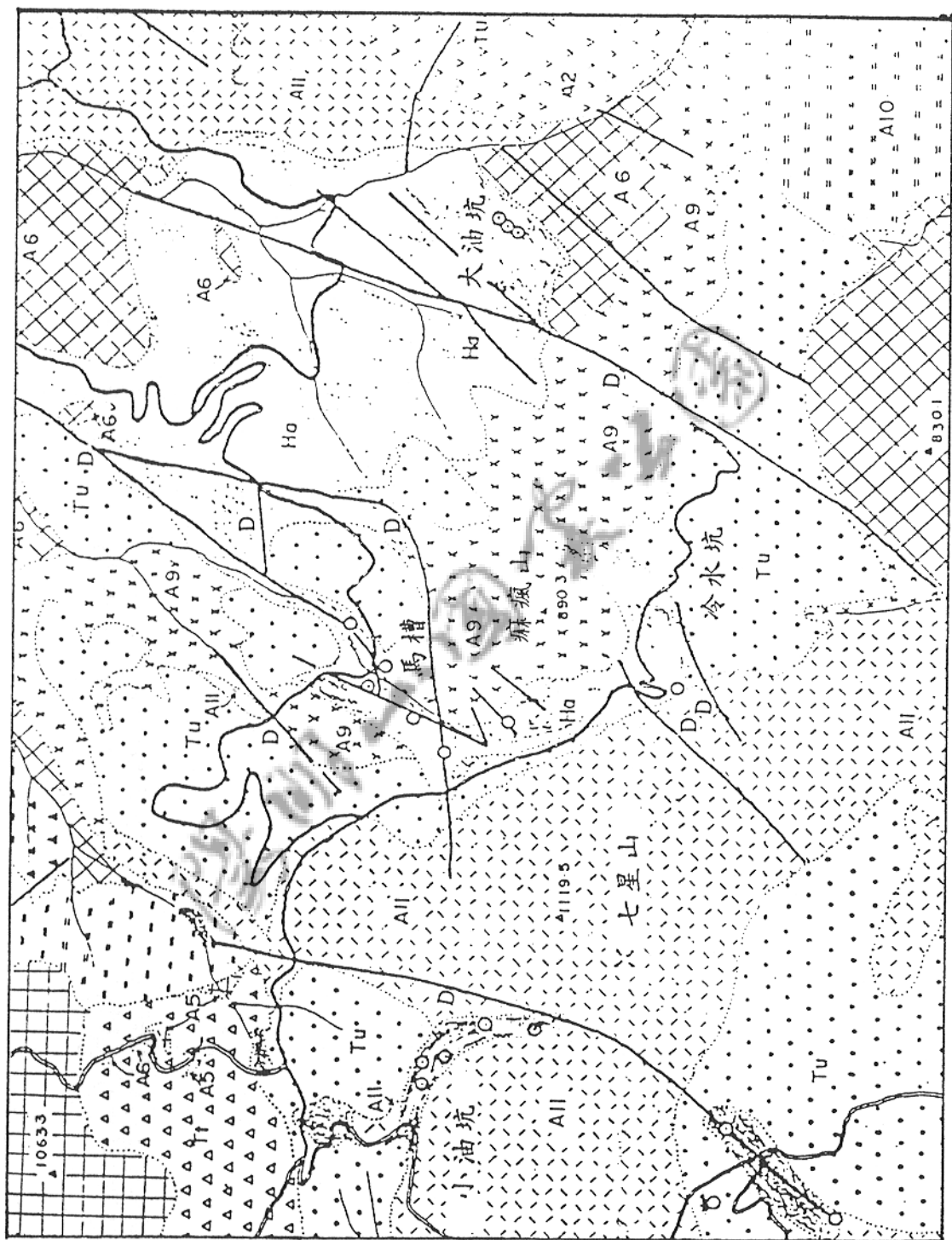


圖 4.8 馬槽地區斷層裂隙圖

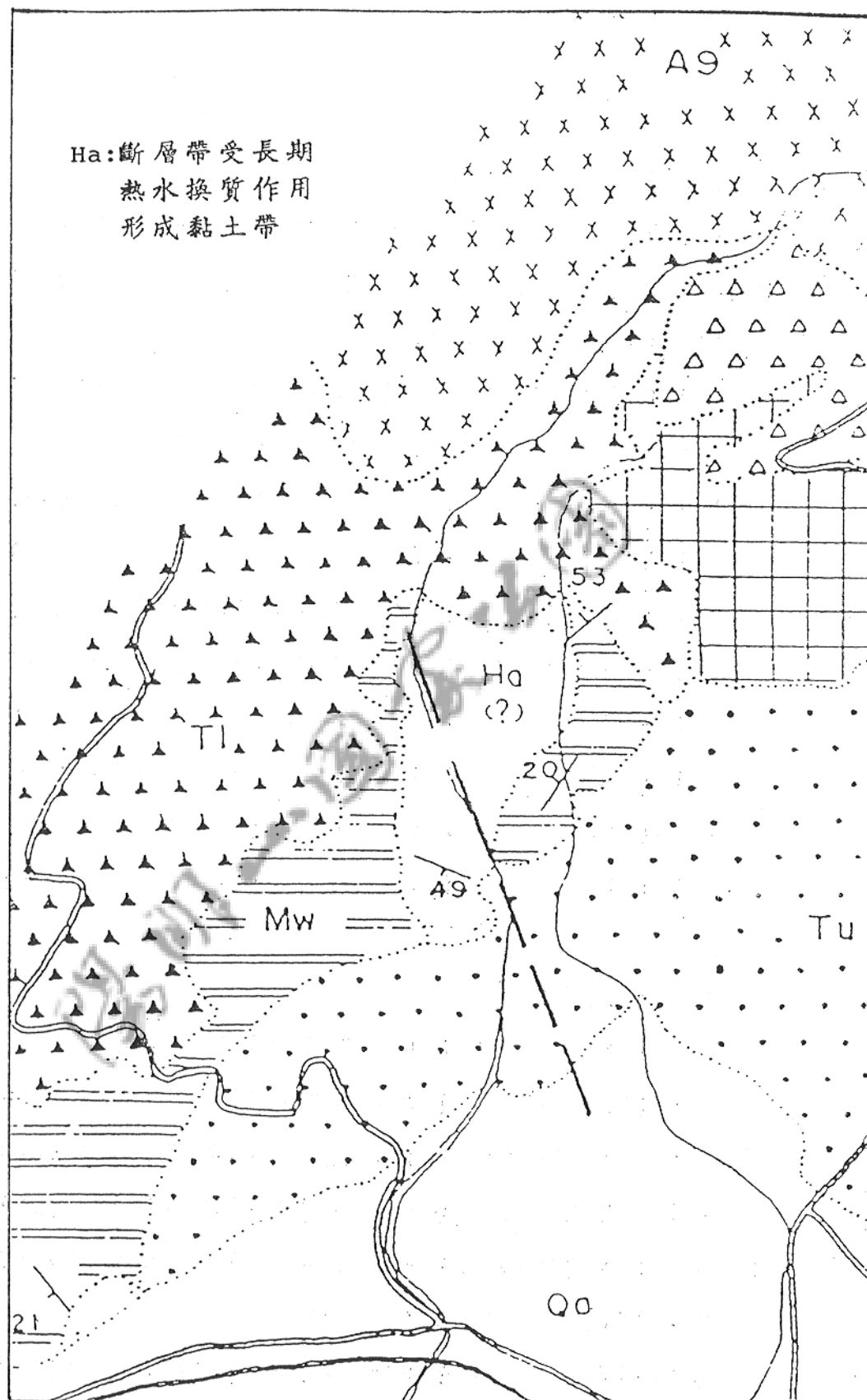


圖 4.9 北投地區貴子坑溪附近地質平面圖

由上述諸多證據均說明金山斷層為北台灣主要地質構造，其由早期逆掩斷層屬性已轉化為正斷層活動，除了導致台北盆地陷落之外，北台灣之大量火成岩岩漿活動也因與斷層活動、裂隙之形成而互為因果，如果本區之金山斷層為導致基盤變動之因素，則前述之小油坑斷層或可認為其地表伴隨而生之斷裂線 (ground rupture)，兩者之間息息相關；因此，對金山斷層之相關研究與觀測仍須進行。

五、結論

- 1.陽明山國家公園區之新期構造運動研究，透過地形構造單元之分類與辨識，我們得以由一嶄新的角度來簡視園區之地表地形地質以及地下地震、地殼變形等活動。
- 2.園區內之火成活動範圍以金山斷層與茨腳斷層之間之斷裂帶為界，構造模式上為地塹式 (graben-type) 或半地塹式 (half-graben type) 或稱斷層角低地 (fault-angle depression) 尚須進一步研究。
- 3.由地形構造單元之研究，本區之地形構造單元可分為火山錐16單元，熔岩流20單元，火山窪地5單元，構造線部份則可另分為斷層線3單元，噴發軸線2單元，地形崖角線或原始山麓線4單元。
- 4.火災活動之分期，作者認為應可分為四期，分別為：第一期—火山活動之序幕為 2.8ma-2.5ma之間；第二期—火山活動之全盛時期為 2.5ma-0.5ma；第三期—0.5ma-0.35ma 山活火活動燦爛的後段，造成今日大部份之地形地貌；第四期—0.35ma-0.01ma 零星之火山活動指示絕大多數之岩漿活動深埋地下。

5. 園區內之金山斷層已被火成岩深埋地下，地表幾不可尋，唯小油坑斷層為地表活動跡象頗明顯之斷層，地下地質變因仍多，其斷層線周邊之火山活動現象主管單位均應密切觀察守望，預防地震、山崩、氣爆、有害氣體之大量釋出，土石流等地質災害之發生。

陽明山國家公園

參考文獻

1. 中文部分

林朝榮 (1960) 臺北縣之地形與地質 。 臺北縣誌土地篇

林朝榮 (1960) 臺灣之第四紀 。 臺灣文獻，14卷 1 - 2 期

許中民 (1986) 臺灣南端恆春半島第四紀後期構造之研究 。 國立臺灣大學地質研究所博士論文

陳肇夏、吳永助 (1971) 臺灣北部大屯地熱區火山地質 。 中國地質學會會刊，第十四號，第 5 - 20 頁

顏滄波 (1958) 臺灣之新生代火山活動 。 臺灣礦業，第十卷，第一至二期，第 39 頁

何春蓀 (1975) 臺灣地質概論 。 經濟部礦業司

陳正宏 (1888) 陽明山國家公園及鄰近地區火山地質史研究 。 內政部營建署

王正松、吳逸民 (1991) 琉球隱沒帶在臺灣東部海岸線附近之構造模式 。 國立臺灣海洋大學

2. 英文部分

- Big, C.C. (1966) Tectonic style and structural level in Taiwan : Proc. Geol. Soc. China. 9, 3 - 9.
- Butzer, K.W. (1983) Global sea level stratigraphy : an appraisal: Quaternary Science Review 2, 1 - 15.
- Cronin, T.M. (1983) Rapid sea level and climate change : evidence from continent and island margins : Quaternary Science Review 1. 177 - 214.
- Hsu, C.M. and Tien, R.L. (1988) Some observation on deformed shorelines around Luntung area : Second Symposium on Quaternary Geology of Taiwan, 1988, Taipei, (Abstract), 29.
- Liu, T.K. (1990) Neotectonic crustal movement in northeastern Taiwan inferred by radiocarbon dating of terrace deposits : proceeding of the Geol. Soc. China 33, 1, 65 - 84.

Moore, W.S. (1982) Late Pleistocene sea level
history : Uranium Series Disequilibrium :
Application to Environmental Problem .
Editors : Ivanovich M. and R.S. Harmon.
Oxford University Press.

Peng, Tsung-Hung, Li, Yuan-Hui, and Wu, F.T.
(1977) Tectonic uplift rate of the Taiwan
Island since the early Holocene : Memoir
Geol. Soc. China 2, 57 - 70 .

陽明先生全集