

臺灣西南部惡地的地形學計量研究

石再添

壹、緒論

一、惡地的研究

惡地又稱劣地，係英文 badlands 的中譯名詞。惡地的概念，源於美國 Dakota 及 Nebraska 等數州中通行困難之崎嶇不毛區域。早先法國探險家深入此美國中西部之半乾燥區域時，沿用當地土著印第安人之語意，稱為 mauvais terres pour traverser，即英語 bad lands to cross 之意，為 badlands 一詞之原由。後來，地理學家發現惡地並非祇與土質優劣有關，實際上還牽涉到某些地形觀念，乃將惡地之概念範圍擴大，含指一切與 Dakota 惡地類似之地形，成為地形名詞。德文 Badland，日文惡地，亦皆譯自此詞。

J. W. Powell (1875) 首先對惡地作詳細的介紹，其論述採遊記方式，雖學術價值不大，唯內容論及岩層構造對惡地之影響，啓發日後的「研究主潮」。G. K. Gilbert (1877) 繼之將氣候與天然植物和惡地發育之關係加以闡發，使地理學者對惡地之成因發生興趣。十九至二十世紀之間，關於惡地之論文不勝枚舉，其中以 W. M. Davis (1898), A. H. Fay (1920) 及 C. A. Cotton (1944) 諸人之論點最扼要，富代表性。咸認為惡地為典型之侵蝕地形，刻蝕營力以河流為主，雨蝕、風化、崩塌等輔之，加以惡地之區位特殊，氣候與一般地區迥異，而基岩又以未完全固結之沈積岩為主，故在急劇侵蝕下，產生標準之密緻狀排水結構 (fine drainage network)，水系錯綜複雜，山脊與河谷，鱗比櫛次，而河間地 (interfluvies) 多狹窄異常，其整體結構似有一定規律。

此時期惡地的研究大致可分三方面：①惡地的坡面，②惡地的岩質，③惡地的氣候。略記於后：

關於惡地坡面的型態，R. W. Fairbridge (1968) 綜合學者意見，將其區分為三部份自下而上計為小型之山足面 (pediment)，陡峻之凝集坡 (cohesion slope) 及切割盛之背後高地 (upland)。此高地又可再分為圓頂式 (乾草堆式)、刃嶺式及堡壘式三類。坡面隨岩質控制程度而展開不同的均夷過程。

岩質軟弱為惡地形成之基本因素，前已述及。岩層中若含溶解性礦物 (如石膏、岩鹽) 或蒙德土 (montmorillonit)、膨潤土 (bentonite) 等特殊黏土礦物，更能助長惡地之發育，通常惡地皆發生於膠結不良之頁岩、泥岩區域。

有謂惡地最易見於乾燥帶，其實亦未盡然，不過惡地地區之氣候常有明顯的乾季與濕季，即雨量的季節差異係惡地發育之重要因素。此外，更有學者附上植物因素，認為植物稀疏之裸地最易變為惡地，M. Derruau (1962) 曾強調惡地為地中海氣候區之常見景觀，實與氣候及植物覆蓋二大因素有關。

以迄 II 戰過後，計量地形學 (quantitative geomorphology) 興起，並且迅速發展，研究惡地的方向有所改變。惡地與水系、坡度脫離不了關係，而水系的結構、坡度的變遷，正是計量地形學的主要內容。學者多藉研究惡地之際，利用各種統計資料，明瞭侵蝕的基本觀念。先是 S. A. Schumm (1956a) 利用各種計測推論惡地由於其造地營力各處不同，其出現之形態亦有異。未幾，S. A. Schumm (1956b) 以著名之 Perth

Amboy (N. J.) 地區之惡地為實例，展開詳細之計量分析，對於該區的泥層粒度、河谷密度、河流等級、土壤流失、坡度變遷、水系形態及分歧情形等無不詳及，更認為惡地發育過程中產生許多規律的現象。例如，各級河流的平均長度與其流域面積之間有一定之比值，在Perth Amboy的惡地區域為1:9，可對證於Horton, Strahler等諸學者之地形觀念。Schumm (1964) 又曾就水文學論點研究惡地地區之表土流失及季節性差異，而以春季流失不及秋季者作為結語中的一重點。

A. E. Scheidegger (1961) 為了解惡地地形發育上的動力因素，極力謀求一個計量上的方法，他對單坡的發育最感興趣，因為單坡發育具有複雜無比的理論，不易以文字闡明，其基本理論更是難以探索，故以方程式、模式加以簡化，使人一目了然。此外，他更提供不少有關研究惡地地區流域發育之方法，並對河流等級劃分稍加修正。

依熱力學熵之觀念 (concept of entropy)，地形中高度 (某基準以上) 之短暫演變，與其固體介質中溫度之短暫變化，具有形式上的相似性。此種熱力類似 (Thermodynamic analogy) 早受注意。Leopold 與 Langbein (1962) 依此相似性解釋地表演變。從此熵之觀念，在地形學理論上常被應用。Scheidegger 和 Langbein (1966) 再根據熵的觀念計測實例，說明河岸坡面、垂直肢節等崩壞的過程，藉以了解地形面之大幅度演化，並說明惡地的研究應採同樣方法，始能對惡地在侵蝕作用下的整體發育有深切的體認。

由是觀之，今日學術界對惡地的研究，集中在論述其發育上之動力因素，進而批判水系結構、侵蝕過程等重要論點。至於惡地發育的速度也廣泛地引起學者的注意。惡地地形一如其他地形，其研究日趨詳盡而定量化。

二、臺灣西南部惡地的研究

一 臺灣文獻

臺灣西南部惡地，地形奇特，早受注目。烏居敬造 (一九三二) (一九三三) 調查新化及旗山油田地質所作報告中，提到臺灣西南部青灰色砂質頁岩區域的惡地地形及菜寮溪和二層行溪 (二仁溪) 流域之劇烈侵蝕作用。吉田要 (一九三二) 調查旗山西南部油田地質所作的報告中，提到本區構成的岩層一般較軟弱，又缺少植物，加之夏雨集中，造成劇烈的侵蝕而形成惡地，已概述惡地形成的主因。

蕭寶宗 (一九六二)、王源 (一九七〇)、孫習之 (一九七一)、周瑞燦 (一九七一) 以沈積學的觀點，推測本區當時沈積的環境，對於本區的岩層，地質構造等有較詳細的研究。

吳建民 (一九六七) 以水利工程學的觀點，對臺灣西南部泥岩區的水文、氣象、地質、土壤等與沖蝕之關係，及水庫泥沙等問題，作綜合性探討。

石再添對惡地中之泥火山噴泥，做X線礦物分析 (一九六三) (一九六七)，及電子顯微鏡分析 (一九六九) 確認噴泥中主含伊萊石 (illite)、綠泥石 (chlorite)、高嶺石 (kaolinite) 及石英 (quartz) 等礦物，並作惡地泥層的粒度分析 (一九七〇)，探究其粒度組成。

梁鉅榮等 (一九五一) (一九五三) 對於惡地地區的土壤加以分析，並列出南部第三紀各土系的肥沃度表，對於該區土質的改良，提供了寶貴的意見。

此外，臺灣省山地農牧局 (一九六四) 對於該區崩塌的嚴重性亦加重視，故有「青灰岩崩塌地之安定與利用」的研究。以上對於惡地堆積的環境及土質方面有相當的認識，但在地形學尚缺計量分析的研究，有待進一步的探討。

三、本研究的意義

以實察、實驗、計量的方法把握下列問題，做為今後更進一步研究的基礎。

I 臺灣西南部惡地的地形特質如何？範圍、面積、流域、地勢、構造、高度、相對高度、剖面各如何？其切割前之原地形面如何？明顯的地形面有幾？其高度如何？

II 典型惡地地區的河系、水系、谷系如何？多長？多密？有何規則性現象？五萬分之一地形圖上所畫的河流與實際情況有何差異？

III 惡地地區之所謂青灰色泥岩的分佈如何？其粒度、鹽分、養分大致若何？

貳、本 論

一、區域概觀

I 範圍：臺灣西南部惡地地區，可依地層、土壤、植生、崩壞等各種不同的指標劃出不同的範圍，可以大至 2000 km^2 以上，也可以小至 200 km^2 以下。本研究依據五萬分之一地形圖及地形實察（圖1），定其範圍：大致南自高雄縣仁美，北至嘉義縣梅山；西自 40 m 等高線，東至 400 m 等高線或分水嶺或高屏溪岸。面積約 1370 km^2 ，南北長度約 100 km ，東西平均寬度約 14 km 。水系細密，谷坡短陡，河間地狹窄為本區地形特徵。其典型的惡地地區在左鎮、龍崎、田寮、內門、燕巢諸鄉（照片1~3）。

II 地層：本區的地表岩層，以第三系上部鬆軟的青灰色砂頁岩互層為主，並包括一部分其上覆之第四系洪積、沖積層及泥火山噴泥層。在典型的惡地地區，則以古亭坑層（照片4）及其同位層為代表。本區主要構造線成 $NNE-SSW$ 方向，同方向之斷層及褶曲發達，垂直或近垂直之地層（照片5~6），直角或近直角的彎曲地層，處處可觀察得到。本區地層除因構造變動劇烈，地層破碎鬆弛，其土質含鹽分多且缺養分（表1），故貧瘠而多成赤坪，雨溝滿佈（照片7~8）。本區內泥火山沿背斜軸斷層線分佈，其噴泥含鹽分有高達三三%者，植物不生，其受雨蝕所生之惡地，最具典型（照片9~12）。

III 降雨：本區年雨量約 2500 mm ，因地勢西低東高，雨量由西向東漸增，大部分地區在 $2000 \sim 3000 \text{ mm}$ 之間。南北方向之雨量變化較小。本區濕乾季分明：夏季三個月雨量已佔年雨量八〇%以上，降雨強度甚大，加以地當本省雷雨中心地區，最利於雨蝕地形之發育；冬季三個月雨量僅佔年雨量五%以下，甚至連月不雨，河流水流量較小，甚至乾涸（照片13~15），故到處築堰堤蓄水（照片16~18），防乾旱，利灌溉。如珊瑚潭、阿公店、白河、尖山埤、紅毛埤、虎頭埤等水庫（表2）。

二、地形計測

I 流域區分圖：(1)描繪五萬分之一地形圖的河流，(2)將各流域分水嶺畫出，以定其範圍，得十二流域。是為圖2。

II 等高線圖：(1)描繪五萬分之一地形圖每 100 m 的計曲線，並畫出每 50 m 的間曲線。(2)於旭山、玉井、左鎮、關廟、旗山、燕巢六處各作東西向的剖面圖。是為圖3。

III 接峰面圖：(1)將五萬分之一地形圖每一方格(1km²)中的最高點標出，並附記其高度。(2)依據所標出一三七〇點繪製每50m的等值線。是為圖4。

IV 接谷面圖：(1)與接峰面圖一樣，但取方格內最低點。(2)依據所標出一三七〇點繪製等值線，其間距，在高度100m以上的部份為50m；100m以下的部份為25m。是為圖5。

V 高度計測圖表：(1)以五萬分之一地形圖中1km方格的交點為測定點，並標出其高度。(2)將全區一三七〇點的高度區分為十級，如0~50m為一級，50m~100m為二級，以下類推，製成高度統計表。(3)依高度統計圖表繪製頻度曲線及累加曲線，求其中數(Md)、平均數(M)、四分差數(QD)，並換算成公尺。(4)按十二流域，統計各流域各級的次數並求其平均高度。是為圖6。

VI 相對高度計測圖表：(1)以五萬分之一地形圖每一方格為測定範圍。(2)在每方格中，本區佔有一半以上面積者取之，不及一半者捨之，計得一三七〇方格。(3)以每方格中最高點與最低點高度差為相對高度，區分為十級，製成相對高度統計表。(4)依據相對高度統計圖表繪製頻度曲線及累加曲線，並求其Md、M、QD等，換算成公尺。(5)按十二流域，統計各流域各級的次數，並求其平均相對高度。是為圖7。

VII 典型惡地之河谷系統圖：

A. 荖寮溪上游(左鎮以上)流域河系、水系、谷系圖：(1)描繪五萬分之一地形圖該流域的河流，為9-a圖。(2)將河流延長至等高線成V字形處，並將水流區分為六級，為9-b圖。(3)將河流延長至等高線成直線之前一條等高線處，為9-c圖。

B. 二仁溪上游(崇德以上)流域河系、水系、谷系圖：(1)描繪五萬分之一地形圖該流域的河流，為10-a圖。(2)將河流延長至等高線成V字形處，並將水流區分為五級，為10-b圖。(3)將河流延長至等高線成直線之前一條等高線處，為10-c圖。

VIII 流域地形計測圖表：(1)由圖2(流域區分圖)計測各流域之面積、河流總長、河流密度，並由圖6及圖7求得各流域的平均高度及平均相對高度，製表。是為表3。

IX 典型惡地河谷系統計測表：依據9-b、10-b兩圖計測河系、水系、谷系總長及流域面積，並求其密度，製表。是為表4。

X 典型惡地水流等級計測表：依據9-b、10-b兩圖計測各級水流數目、長度、平均長度與分歧率，製表。是為表5。

XI 典型惡地流域水系等級統計圖：依據表5惡地各等級水流數目，繪製水流等級及其數目的關係圖。是為圖11。

三、野外調查

本研究所依據之野外實地調查包括過去十年間筆者研究惡地中泥火山時附帶所作十數次實察，及率領師大地理系及研究所學生所組成之考察隊作下列幾次實察：

- I 民國五十三年七月十八日至二十二日，泥火山地形考察隊，十四人，考察五天。另外五天考察臺灣東部。
- II 民國五十四年八月十三日至十五日，惡地地形考察隊，二十一人，考察三天。另外五天考察臺灣東部。
- III 民國五十五年九月十四日至二十日，惡地及濱沙考察隊，二十四人，考察七天。另外三天考察臺灣中部。
- IV 民國五十六年八月五日至九日，惡地地形考察隊，二十八人，考察五天。另外三天考察臺灣東部。
- V 民國五十九年一月一日至五日，惡地地形考察隊，十二人，考察五天。

VI 民國五十九年八月四日至十日，惡地地形考察隊，四十一人，考察七天（圖1）。
VII 民國六十年六月二十六日至三十日，師大地理碩士班地形學野外實習，七人，考察二天，另外三天考察臺灣南端。日本地形學者太田陽子及町田洋兩博士同行。

四、粒 度 分 析

I 惡地泥岩層的粒度分析：臺灣西南部典型惡地的地層中，以所謂青灰色泥岩最軟弱，也最具代表性。筆者在民國五十九年及六十年所採取的惡地地層標本中，選出三十三袋，加以粒度分析至 ϕ_9 (1/512 mm)，並繪製其粒度累加曲線統計圖三十三張，求其Md ϕ 、Q ϕ 、Q ϕ 、Q ϕ 、Md ϕ 、QD ϕ 等，結果如表6及圖12所示。由此知道：(1)其Md ϕ 絕大部分在 $\phi_5 \sim \phi_8$ ，故為粉砂岩(silt)。QD ϕ 大致在 $2 \sim 0.3$ ，比A型泥火山噴泥(QD ϕ 大致在 $2 \sim 1$)的淘選較良。(2)Md ϕ 愈大，則QD ϕ 也有愈大之趨勢。

II 古亭坑層與其上覆層之粒度比較：在本惡地地區中，尤其在崇德至左鎮一帶，可見到第三系古亭坑層與第四系沖積層之間有明顯的不整合面（照片7）。通常其上覆層只有幾公尺厚，植物成長良好，若此上覆層被剝去，則易受雨蝕成惡地（照片8、18）。此不整合面上下地層之粒度，如表7所示，有明顯的差異。

五、地 形 考 察

I 由圖2流域區分圖及表3流域地形計測表看：

A. 本區面積約有1370km²，流經本區之獨立出海河流計十二條。其流域面積佔本區總面積之十%以上者有四：(1)曾文溪（二六·一%），(2)二仁溪（一三·三%），(3)高屏溪（一〇·九%），(4)八掌溪（一〇·五%）等四流域。

B. 河流密度以竹子港溪（一·五1km/km²）及珊瑚潭（一·四三）為最大，與阿公店及珊瑚潭水庫之貯水有關。而二仁溪（一·二七）、曾文溪（一·一一）、典寶溪（一·一三）諸流域亦均超1km/km²，與其所具之典型惡地地形有關。

C. 本區十二流域，依其水系的特徵可歸納為北、中、南三區，每區各佔四流域。(1)北區：河流呈東西流向，植物被覆較佳，曲流程度較小。(2)中區河流頗受地質構造所控制，東西流向與南北流向皆十分明顯。(3)南區：除高屏溪流域之北半為南北流向外，餘者多呈東西流向。

II 由圖3等高線圖看：

A. 等高線彎曲且密集，充分表現了惡地的特色。急水溪以北地區等高線較疏，為惡地與普通丘陵地之過渡地帶。

B. 震旦方向至南北方向的雁行構造明顯。知本區受地體扭轉作用影響。

C. 等高線最稀疏之地，在八掌溪、二仁溪等主流谷地，係該等河流所蝕夷。知惡地乃幼、壯年期地形。若侵蝕過多，惡地即消滅，而谷地平原擴大。

D. 等高線方向，在北區較呈東西向，南區呈東北—西南向，中區則縱橫南北與東西。

E. 由剖面圖看，關廟——崁頂、崇德——旗山兩線起伏最甚。但由其丘頂原(hilltop plain)E₁ 150m、130m、80m、60m與40m等處之原地地形面。有待更詳細的探究。

III 由圖4接峰面圖看：

A. 震旦方向之雁行構造明顯，觸口至其西南之旭山一線以北地區，等值線分佈反映山麓凹形坡面，與其線以南者有異。旗山至其西南之深水一線以南地區，則幾全為雁行構造所控制。

B. 上述兩線間的廣大地區，200m以上諸等值線密集，面積甚小，為雁行山嶺，200m以下之諸等值線則稀疏，尤其100~150m之間有廣大地形面，50~100m間以及150~200m間亦有相當寬闊的地形面，可能與海進時代之海準有關，有待更詳細的探究。

IV 由圖5接谷面圖看：

A. 150m以上之地為雁行構造所控制，僅限於東北部局部之地，約佔10%。而100m以下之地非常廣大，佔80%以上，知其終極地勢近似平原。

B. 50m之等值線，沿曾文溪與二仁溪主流河谷大規模凹入東方，知其侵蝕之盛與其河口大量沖積的原因。

V 由圖6高度計測看：

A. 全區平均高度為111m，位於北區的急水溪(143m)、北港溪(138m)兩流域較高，位於南區的後勁圳(56m)、竹子港溪(62m)、典寶溪(77m)三者較低。北區四流域平均高度均在130m以上，中區四流域皆在120m以下，南區除東邊的高屏溪外，其餘三流域皆在80m以下，呈北高南低，東高西低之地勢，與臺灣島穹隆運動相符合。

B. 高度100m以下的面積佔了一半以上，150m以下者約佔80%，50~100m者約佔40%，100~150m者約佔15%。

C. 由累加曲線上之四分位(Q_2)與下四分位(Q_1)所求高度之 M 則為100m， QD 為40m，知其50%之面積在100m+40m=140m~60m之間。

D. 由頻度曲線可看出200m以上者頻率小約佔10%，以下者則大約佔90%。

VI 由圖7相對高度計測看：

A. 全區每平方公里平均相對高度為106m，其中急水溪(133m)、曾文溪(122m)、高屏溪(121m)較大，鹽水溪(53m)特小，與地勢相關。

B. 由相對高度統計表知道：相對高度100m以下者佔60%，150m以下者佔80%，200m以下者近90%，與高度統計表相比較，200~250m的面積，相對高度與平均高度相等，200m以下者，相對高度超過平均高度，知其下蝕作用異常激烈。

C. 由累加曲線知道，相對高度之 $Md=87.5m$ ， $M=98.5m$ ， $QD=41.5m$ ，則有五〇%之面積在98.5m+41.5m=140m~57m之間。

D. 由頻度曲線可看出250m以上者頻率小，僅佔6%，則250m以下者高達九四%。

VII 由圖9、圖10典型惡地之流域河系、水系、谷系圖及表4河谷系統計測表，表5水流等級計測表以及實地考察記錄對照知道：

A. 五萬分之一地形圖所畫出的河流，遠短於實際水流，若延長至V字形等高線則如圖9-b及圖10-b之水系圖，則較接近於實際情況。也即實際水流總長比地形圖上河流總長約大三、四倍，但在乾季即介於兩者之間。

B. 典型惡地地區菜寮溪上游(左鎮以上)流域為六級水流，分歧率為3.00~4.45，在圖11中略成 $\log Y = -0.56X + 3.28$ 之直線，而二仁溪上游(崇德以上)流域為五級水流，分歧率為4.00~5.25，在圖11中略成 $\log Y = -0.66X + 3.31$ 之直線。

C. 谷系圖係延長五萬分之一地形圖上之河流至等高線成直線之前一條等高線處而成，實際上若算上雨溝，即密至無法在圖上標出。圖 9-c 與圖 10-c，大致與大雨即後之水流狀態相若。

叁、結 論

本研究就臺灣西南部惡地地區，依據地形計測，野外調查與粒度分析的成果（十二幅圖、七張表、十八張照片）作地形探討而得下列七點結論：

I 本區大致南自仁美，北至梅山；西由 40m 等高線，東至 400m 等高線或明顯的地形界線為範圍。可分為北、中、南三大區，十二流域，中區最具惡地典型。

II 依據五萬分之一地形圖計測結果：本區面積約 1370km²，河流總長約 1458km，密度 1.06km/km²，平均每平方公里內相對高度 106m，接近平均高度 111m，知其切割劇烈。

III 依據一三七〇計測點所得的數值，繪成累加曲線，求得本區五〇%面積之高度在 140m~60m；相對高度在 140m~57m，也知其切割劇烈。

IV 依據一三七〇個 1km² 見方之方格中的計測點所製成的本區接峰面與接谷面圖，知道觸口、旭山以及旗山、深水兩線間，地形構造線縱橫交錯，成為惡地地區；兩線之北與以南之地區為惡地與一般丘陵的漸移區。

V 由惡地地形剖面圖，知道於 150m、130m、80m、60m、40m 等處有較廣之地形面。可能與第四紀海進時代之海準面有關，尚待詳細的探究。

VI 依據野外實察，知道本區典型惡地地區之實際水流，較五萬分之一地形圖上河流長三、四倍，而與本研究製水系統圖相近。至於大雨之後，實際水系即與谷系圖相若。

VII 本區的泥岩，其粒度之 Md ϕ 大致為 5~8，QD ϕ 為 2~0.3，含鹽分大而養分少，加以地層破碎鬆弛，夏雨集中，雨蝕、河蝕俱烈，為本區形成惡地之主因。

謝 辭

本研究獲行政院國家科學委員會研究補助；並承國立臺灣師範大學地理系主任沙學浚教授之鼓勵；助教李薰楓、張瑞津、吳信政，系友李美枝、黃朝恩、楊貴三等諸位同好，以及師範大學地形考察隊全體隊員幫助野外考察、地形計測、土質分析、粒度分析與抄寫稿件；當野外考察之時，承蒙救國團以及各地之軍、政、教等有關單位協助，得以順利完成，藉此衷心申謝。

民國六十年七月三十日

著者謹誌

*A Geomorphological Quantitative Study on
the Badlands of Southwestern Taiwan*

T. T. SHIH

National Taiwan Normal University

Abstract

This study is written in an attempt to analyse the development of erosional topography in an extensive badland area in S. W. Taiwan. In order to explain the complex geomorphologic processes and landforms, it is necessary to use the results of quantitative methods and laboratory works (12 figures, 7 tables, and 18 photos) apart from numerous field studies. Seven major findings are thus obtained.

(1) Jenmei and Meishan are respectively the southern tip and northern vertex of the badland area. The western boundary coincides with the 40m contour; the eastern one with the 400m. From north to south, three divisions may be drawn with the central region as the most typical badland.

(2) The area under study totals 1370 km²; the lengths of rivers 1458km; the river density 1.03km/km²; the average altitude of the area is 111m, and the average relative height per sq. km. 106m.

(3) According to the accumulative curves, 50% of the area under study have altitudes ranging from 140m to 60m, and relative heights ranging from 140m to 57m. This reveals an extremely dissected landscape in the badland area.

(4) According to the summit-leveling maps, there are abundant deranged tectonic lines lying between Chukow~Hsushan and Chishan~Shenshui. These lines affect the landforms deeply and foster the development of badland landscape.

(5) There are geomorphic planes distributed at 150m, 130m, 80m, 60m, 40m contours. These planes are probably related to Quarternary ingression and further studies are required.

(6) The length of actual river system is three or four times as that of topographical map (1:50,000), but resembles that of the drainage system map drawn in this study. It even resembles that of the valley system map after torrential rains.

(7) The mudstone grain size in this area have a Md ϕ of 5—8; QD ϕ of 2—0.3. They have high salinity but low nutrient content; moreover, the high erodability of the mudstone and the strongly marked seasonal contrast favor the process of rain wash and river erosion. This is the major factor urging the development of the present badland topography.

參 考 文 獻

1. Chou, J. T. (周瑞燉) (1971) A Preliminary Study of the Stratigraphy and Sedimentation of the Mudstone Formations in the Tainan Area, Southern Taiwan: Petroleum Geol. of Taiwan, no. 8, pp. 187~219.
2. Cotton, C. A. (1944) Geomorphology, an Introduction to the Study of Landforms: Christchurch, N. Z., Whitcombe and Tombs, p. 31.
3. Davis, W. M. and Snyder, W. H. (1898) Physical Geography: Boston, Ginn, p. 303.
4. Derruau, M. (1962) Precis de Geomorphologie: Third ed. Paris, Masson et Cie, pp. 1~413.
5. Fay, A. H. (1920) Glossary of the Mining and Mineral Industry: U. S. Bureau of Mines, Bulletin 95.
6. Gilbert, G. K. (1877) Report on the Geology of the Henry Mountains: Washington. Government Printing Office, p. 120.
7. 蕭寶宗 (Hsiao, P. T.) (1962) 臺南玉井盆地早期上新世沈積環境之變遷: 中國地質學會專刊, 第一號, pp. 153~160.
8. Leopold, L. B. and Langbein, W. B. (1962) The Concept of Entropy in Landscape Evolution: U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 500-A.
9. 梁鉅榮、陳春泉等 (Liang, C. J. and Chen, C. C. et al) (1951) 臺南縣之土壤: 臺灣省農業試驗所報告, 第六號。
10. 梁鉅榮、陳春泉 (Liang, C. J. and Chen, C. C.) (1953) 高雄縣之土壤: 臺灣省農業試驗所報告, 第十一號。
11. Powell, J. W. (1875) Exploration of the Colorado River of the West and Its Tributaries: Washington, Government Printing Office, pp. 149~151.
12. Scheidegger, A. E. (1961) Theoretical Geomorphology: Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, pp. 1~333.
13. Scheidegger, A. E. (1965) The Algebra of Stream Order Numbers: U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 525-B, pp. 187~189.
14. Scheidegger, A. E. and Langbein, W. B. (1966) Probability Concepts in Geomorphology: U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 500-C.
15. Schumm, S. A. (1956a) The Role of Creep and Rainwash on the Retreat of Badland Slopes: Am. J. Sci., vol. 254, pp. 693~706.
16. Schumm, S. A. (1956b) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, N. J.: Bull. Geol. Soc. Am., vol. 67, pp. 597~646.
17. Schumm, S. A. (1964) Seasonal Variations of Erosion Rates and Processes on Hillslopes in Western Colorado: Z. Geomorphol., Supplementband 5, pp. 215~238.
18. 石再添 (Shih, T. T.) (1963) 臺灣における活泥火山の形態: 日本東京教育大學碩士論文, pp. 1~83, 要旨載於日本地理學評論, 第36卷, 第6號, 第343~344頁。
19. Shih, T. T. (石再添) (1967) A Survey of the Active Mud Volcanoes in Taiwan and a Study of Their Types and the Character of the Mud: Petroleum Geol. of Taiwan, no. 5, pp. 259~311.
20. Shih, T. T. (石再添) (1969) A Geomorphological Study of the Active Mud Volcanoes in Taiwan: A Doctoral Dissertation of Tokyo University of Education, pp. 1~85.
21. Sun, S. C. (孫習之) (1970) Photogeologic Study of the Tainan-Hsinying Coastal Plain, Taiwan: Petroleum Geol. of Taiwan, no. 7, pp. 133~144.
22. Sun, S. C. (孫習之) (1971) Photogeologic Study of the Hsinying-Chiayi Coastal plain, Taiwan: Petroleum Geol. of Taiwan, no. 8, pp. 65~75.
23. 鳥居敬造 (Torii, K.) (1932) 臺南州新化油田調查報告: 臺灣總督府殖產局, 殖產局出版第609號, pp. 2~3.
24. 鳥居敬造 (Torii, K.) (1933) 高雄州旗山油田調查報告: 臺灣總督府殖產局, 殖產局出版第633號, pp. 3~5.
25. 王源 (Wang, Y.) (1970) 臺灣之伊萊石 II, 上新世沉積岩之伊萊石: 國家科學委員會年報, p. 15.
26. 吳建民 (Wu, C. M.) (1967) 臺灣西南部泥岩地區沖蝕問題之研究兼及臺灣西南部水庫之泥沙問題: 臺灣省政府農林廳山地農牧局, 水土保持叢書之九, pp. 1~54.
27. 吉田要 (Yoshida, K.) (1932) 高雄州旗山西南部油田調查報告: 臺灣總督府殖產局, 殖產局出版第610號, pp. 3~5.
28. 臺灣省山地農牧局 (1964): 青灰岩崩場地之安定與利用, pp. 1~24.

— 獻 文 灣 臺 —

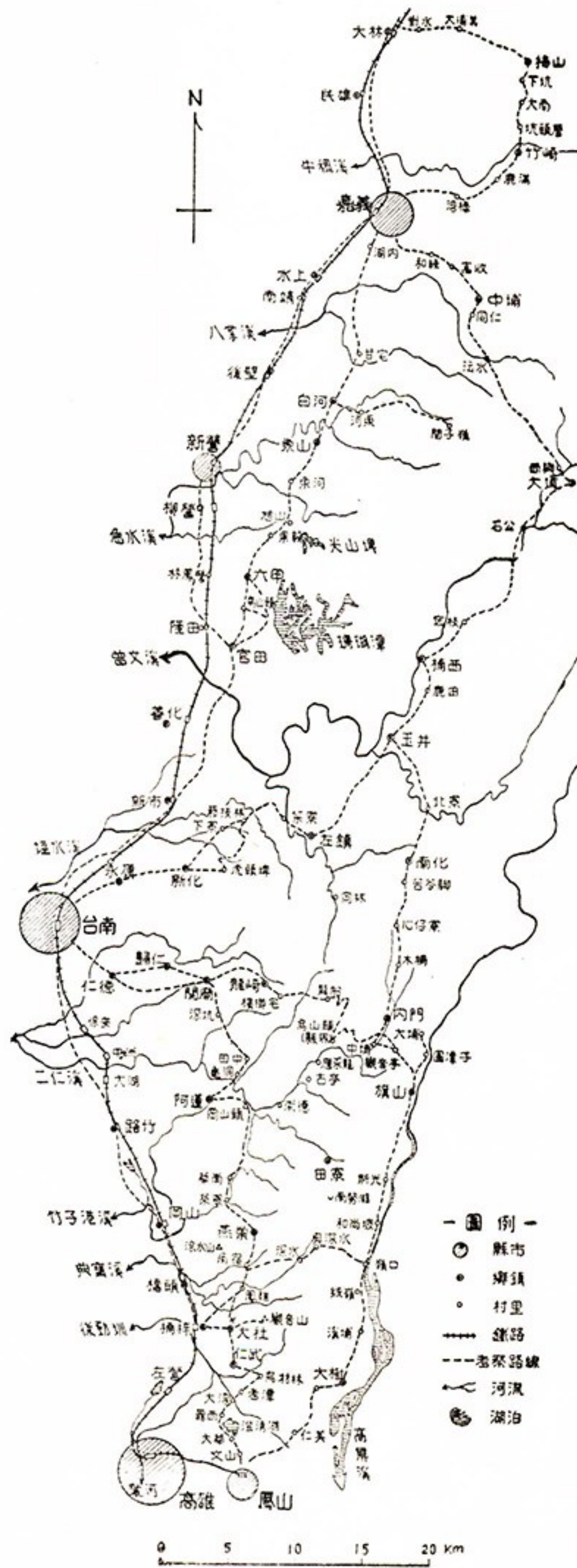
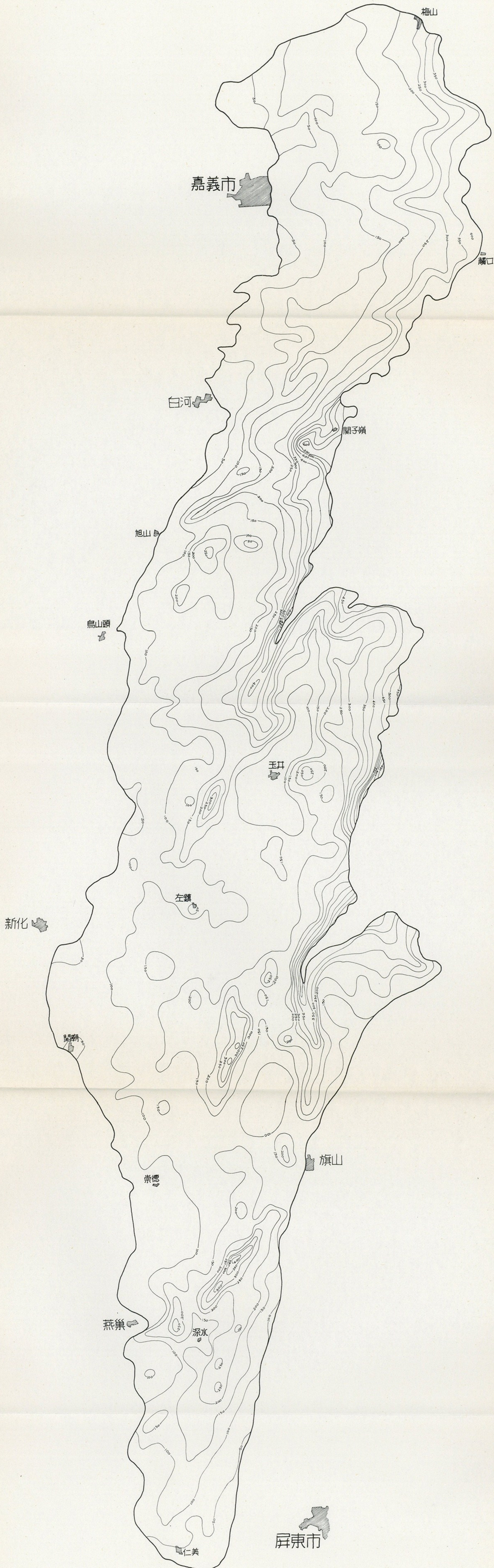


圖 1 國立臺灣師範大學惡地考察隊路線圖（第六次）

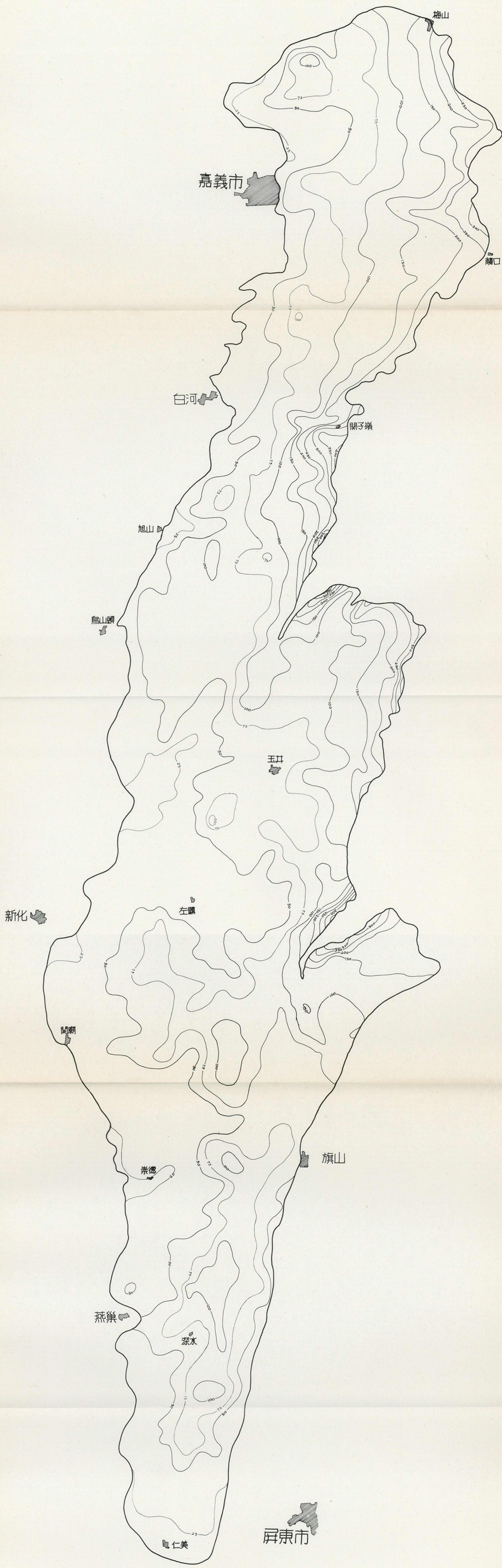
590804~590810



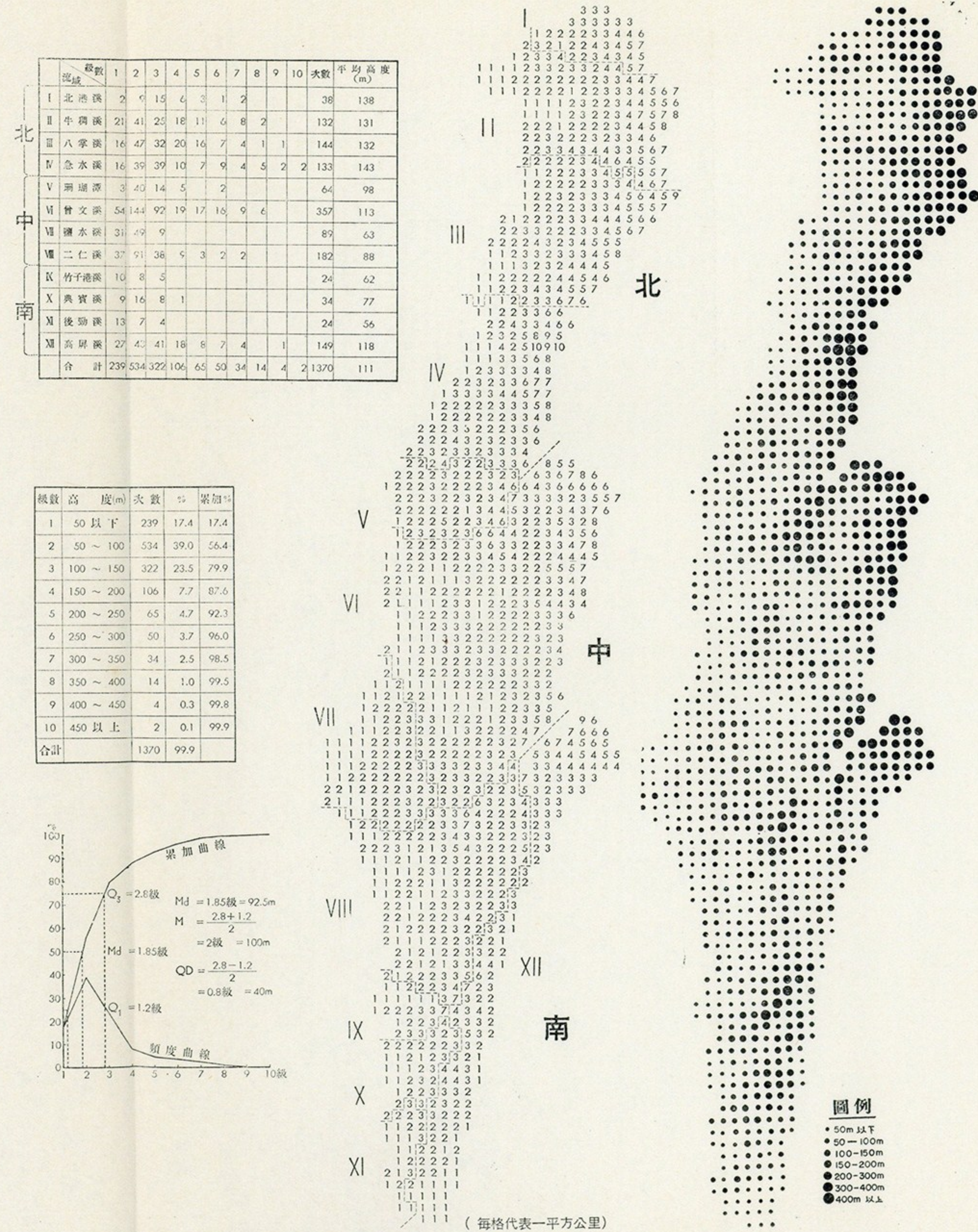
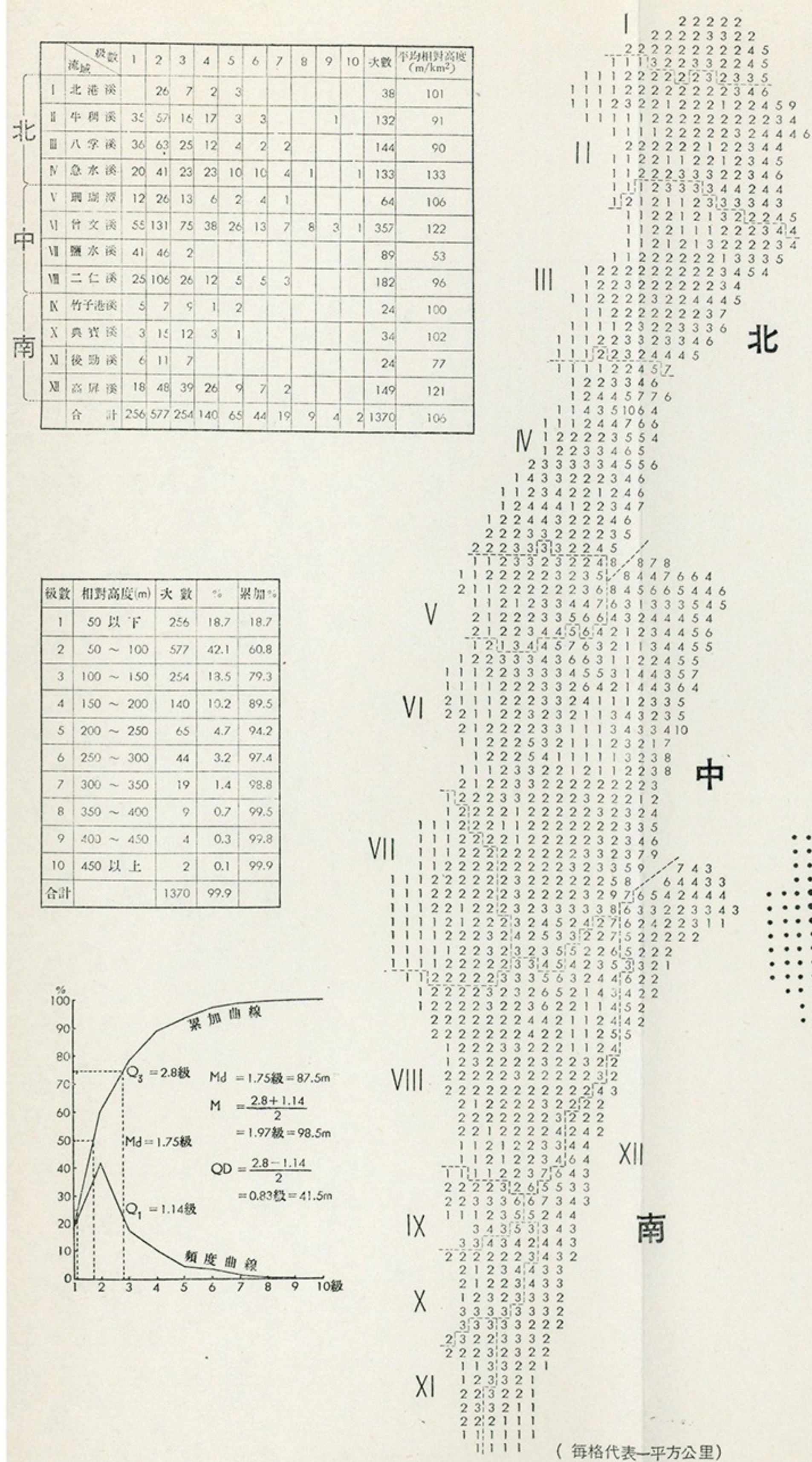
地惡部南西灣台 3圖
圖線高等區地



圖面峰接區地地惡部南西灣台 4圖



圖面谷接區地地惡部南西灣台 5圖



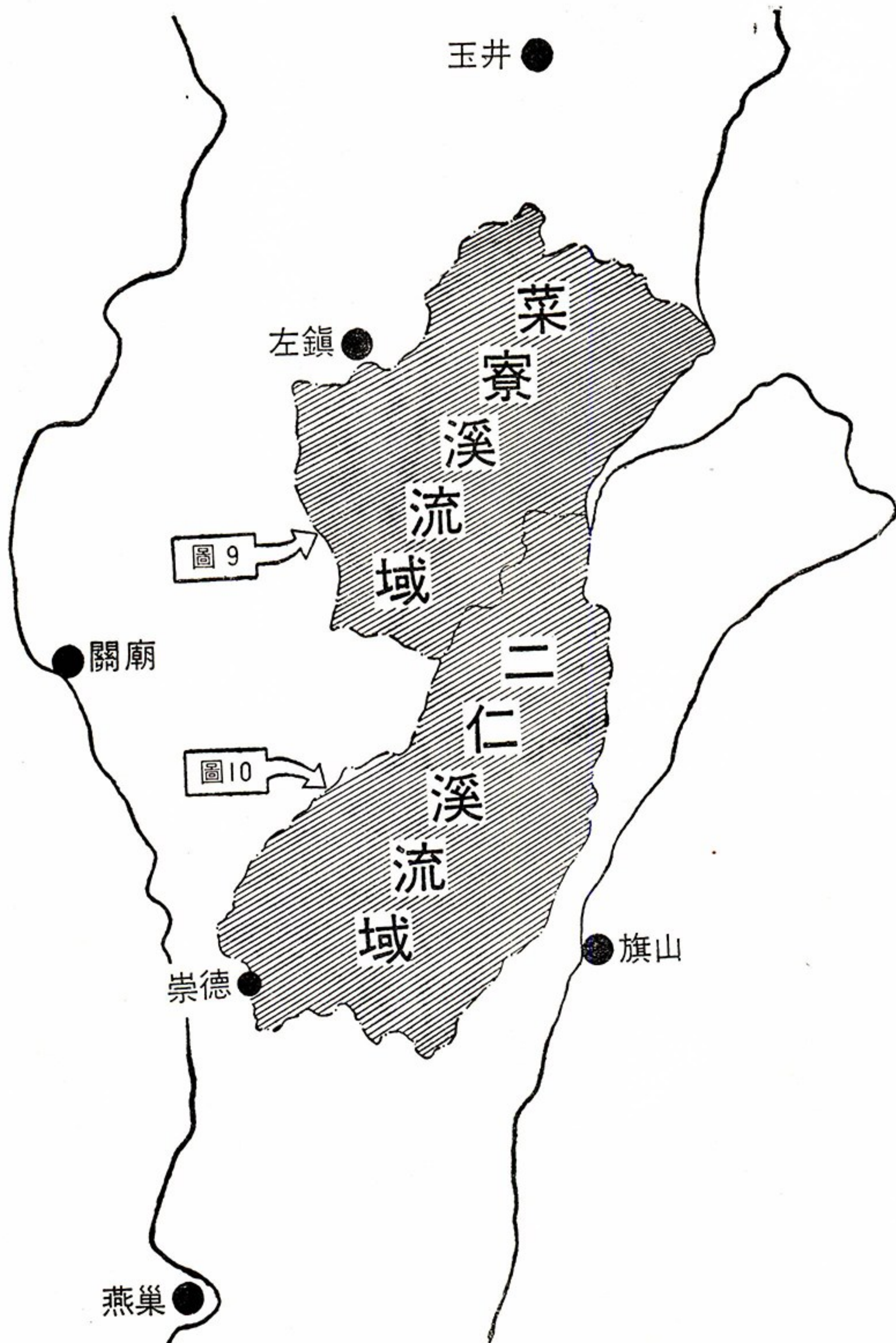


圖 8 典型的惡地區域



圖9-a 菜寮溪上游（左鎮以上）流域河系圖



圖9-c 菜寮溪上游（左鎮以上）流域谷系圖



圖9-b 菜寮溪上游（左鎮以上）流域水系圖



圖 9-b 菜寮溪上游（左鎮以上）流域水系圖

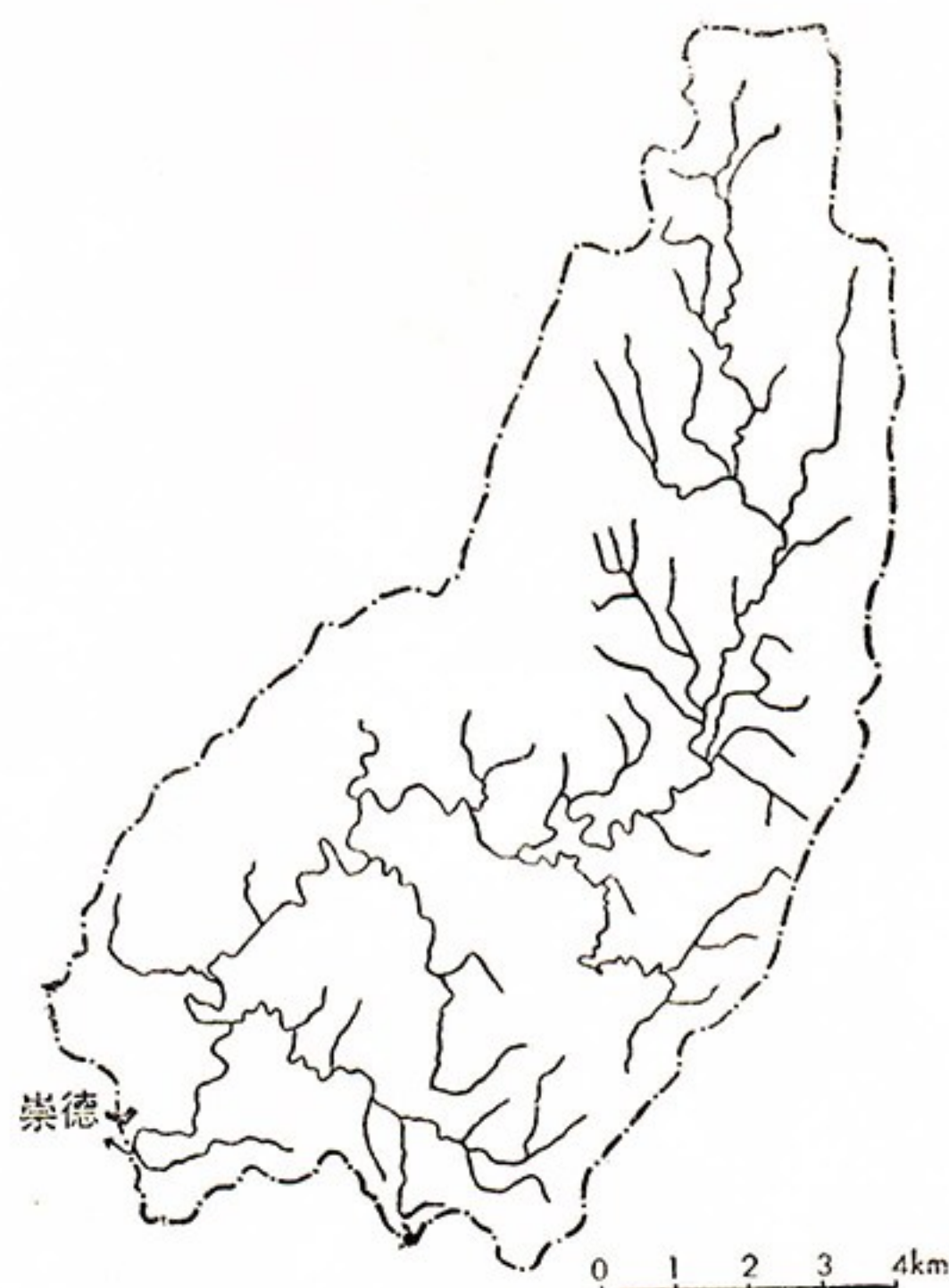


圖 10-a 二仁溪上游（崇德以上）流域河系圖



圖 10-c 二仁溪上游（崇德以上）流域谷系圖



圖 10-b 二仁溪上游（崇德以上）流域水系圖

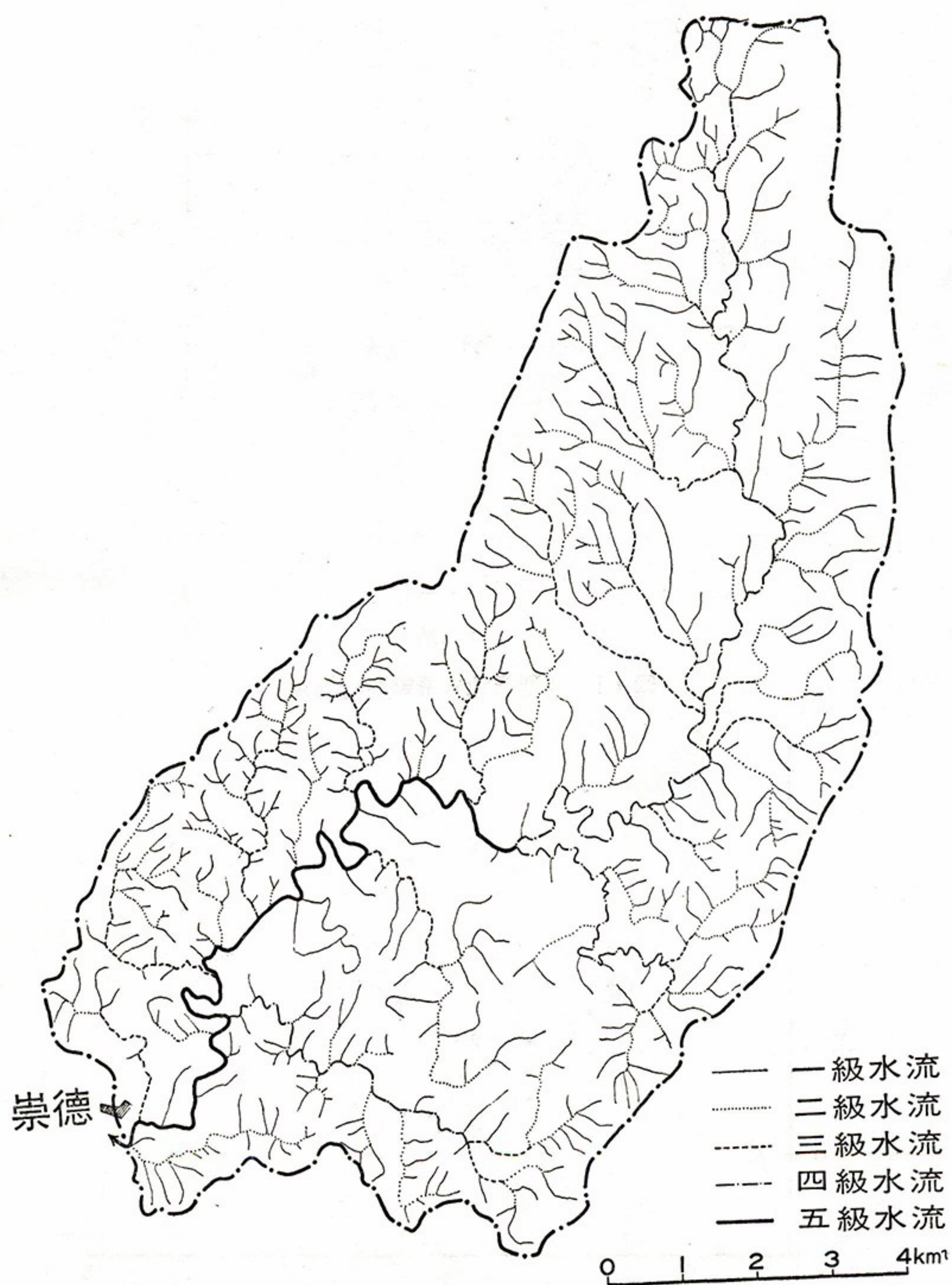


圖 1C-b 二仁溪上游（崇德以上）流域水系圖

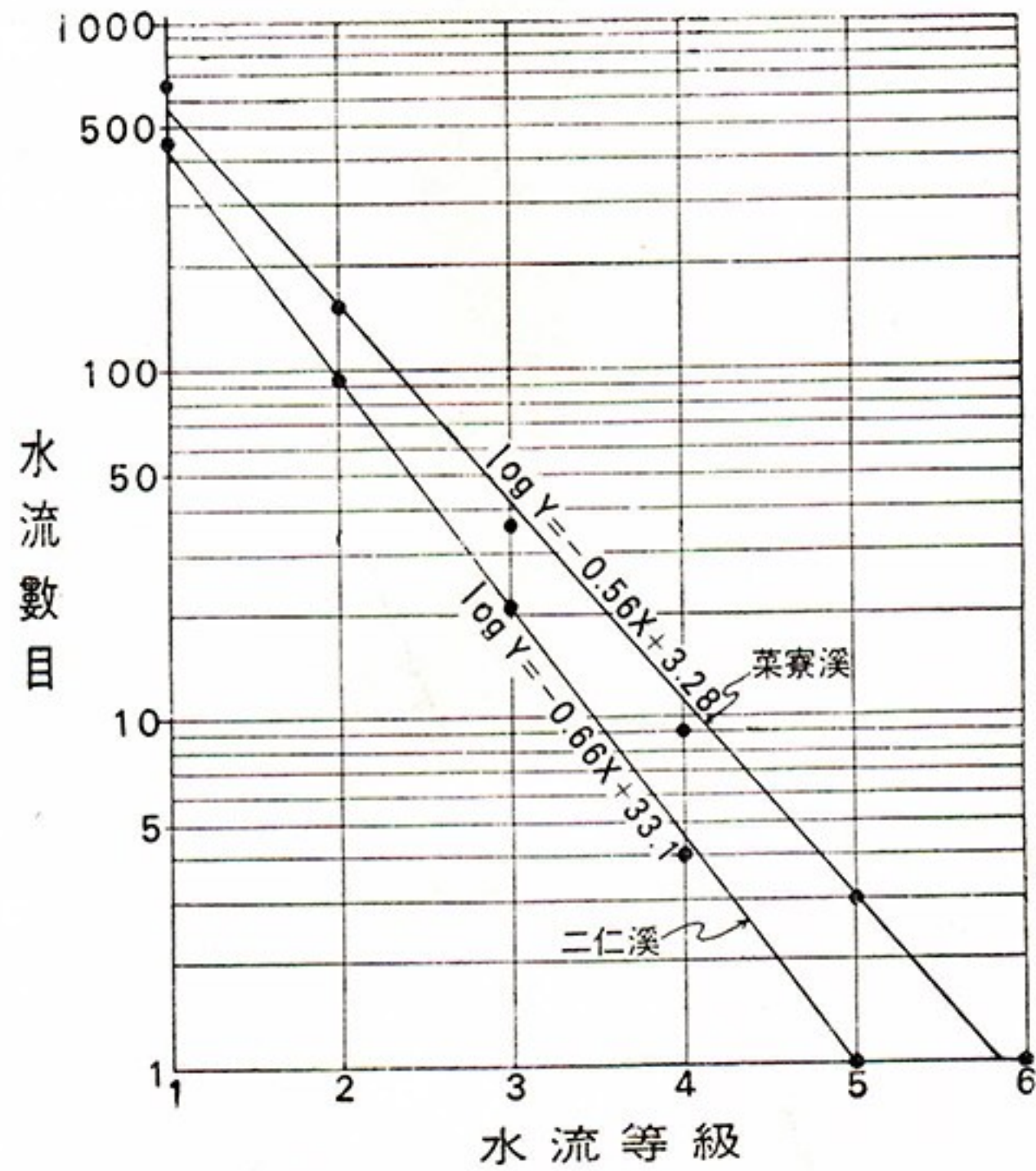


圖 11 典型惡地水系等級統計圖

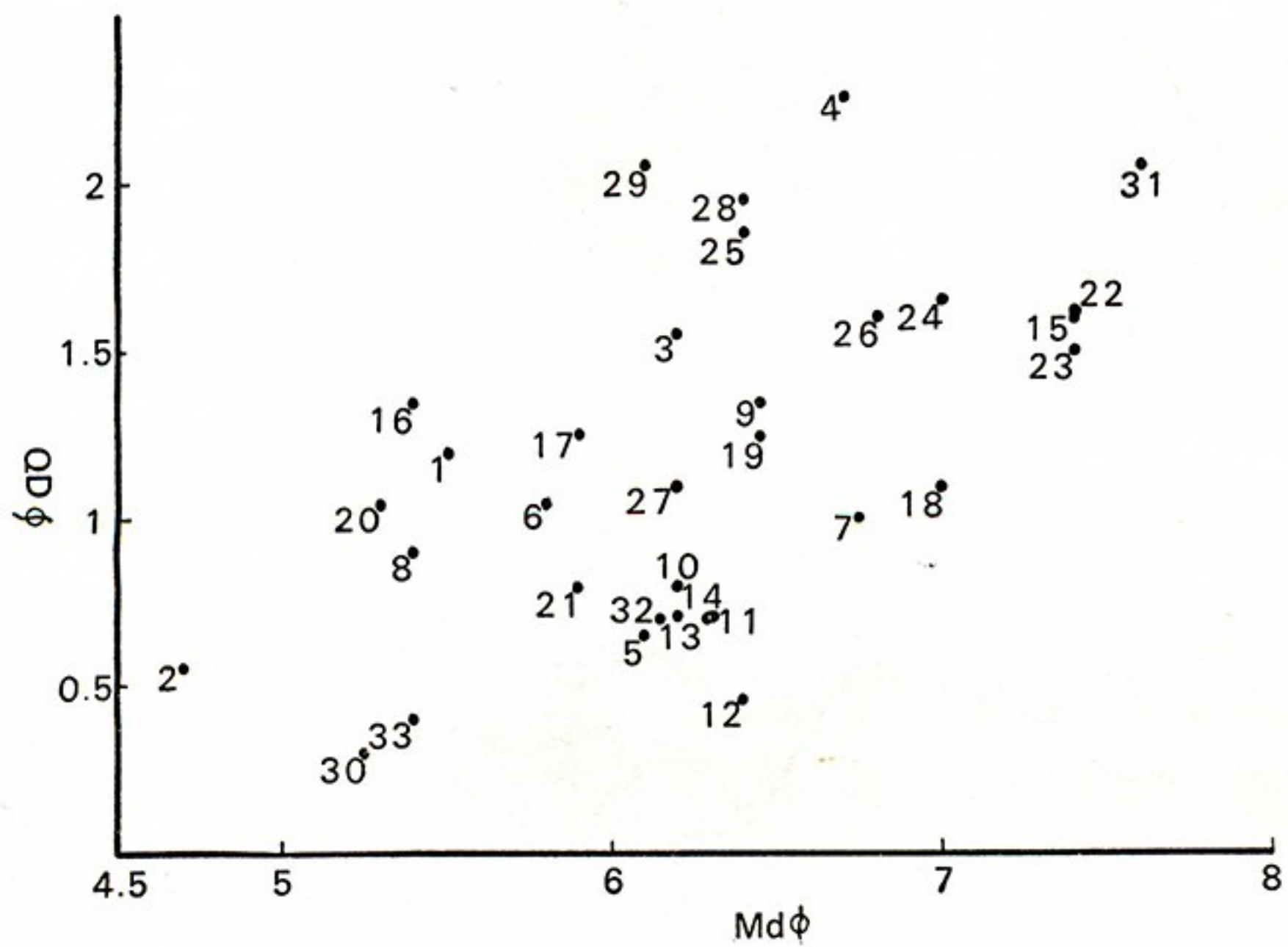


圖 12 臺灣西南部惡地泥層粒度統計圖

表 1. 臺灣西南部惡地地區的土質分析

採集地點	標 本	pH 值	鹽 (%)	有機質 (%)	全 氮 量 (%)	有效性K (p.p.m)	有效性P (p.p.m)	備 註
烏山頭	惡地地層土	7.8	0.64	1.019	0.048	89.39	6.88	借用臺灣肥料公司推廣處調查研究課的設備分析。
	泥火山噴泥	8.2	12.10	1.926	0.060	122.83	163.63	
深 水	惡地地層土	7.2	1.60	1.583	0.090	93.10	116.33	
	泥火山噴泥	7.8	11.30	1.823	0.092	164.33	120.45	
滾水山	惡地地層土	7.4	10.80	1.652	0.060	128.41	130.63	
	泥火山噴泥	6.8	33.00	2.683	0.088	218.00	151.53	

表 2. 臺灣西南部惡地地區主要水庫表

水庫名稱	溪 流	壩 高 (m)	壩 長 (m)	滿水面積 (ha)	總 容 量 (10 ⁶ m ³)	有 效 容 量 (10 ⁶ m ³)	完 工 日 期
虎頭埤	鹽 水 溪	15.3	470	36.0	1.36	1.36	1921
珊瑚潭	大 埔 溪	56.0	1,273	1,300.0	142.80	142.80	1930
尖山埤	龜 重 溪	30.0	256	82.0	8.11	4.08	1938
鹿寮溪	八 掌 溪	30.0	270	55.3	3.78	3.57	1939
紅毛埤	八 掌 溪	31.0	340	70.0	6.15	5.50	1944
阿公店	阿公店溪	31.0	2,380	410.5	28.00	13.50	1952
白 河	急 水 溪	42.5	210	197.0	21.60	19.40	1965

(依據臺灣省施政概況1970)

表 3. 臺灣西南部惡地流域地形計測表

流 域 名 稱		流 域 面 積		河流總長	河流密度	平均高度	平均相對高度	備 註
		(km ²)	(%)	(km)	(km/km ²)	(m)	(m/km ²)	
I	北港溪	38.50	2.8	39	1.01	138	101	本表各項 僅為各流 域中惡地 部份的數 值。
II	牛稠溪	131.57	9.6	129	0.98	131	91	
III	八掌溪	144.15	10.5	171	1.19	132	90	
IV	急水溪	132.63	9.7	123	0.93	143	133	
V	珊瑚潭	63.85	4.7	93	1.43	98	106	
VI	曾文溪	357.50	26.1	397	1.11	113	122	
VII	鹽水溪	88.74	6.5	82.5	0.93	63	53	
VIII	二仁溪	182.34	13.3	232	1.27	88	96	
IX	竹子港溪	24.10	1.8	36.5	1.51	62	100	
X	典寶溪	33.60	2.5	38	1.13	77	102	
XI	後勁圳	23.54	1.7	19.2	0.82	56	77	
XII	高屏溪	149.32	10.9	98	0.66	118	121	
合 計		1,369.84	100.1	1,458.2	1.06	111	106	

表 4. 典型惡地河谷系統計測表

流域名稱	流域面積 (km ²)	河 系		水 系		谷 系		備 註
		長度 (km)	密 度 (km/km ²)	長度 (km)	密 度 (km/km ²)	長度 (km)	密 度 (km/km ²)	
菜寮溪	87.80	95.2	1.08	372.4	4.24	418.8	4.77	左鎮以上
二仁溪	96.78	107.0	1.11	299.9	3.10	386.9	4.00	崇德以上

表 5. 典型惡地水流等級計測表

a. 菜寮溪上游（左鎮以上）流域

等 級	數 目	長度 (km)	均長 (km)	α	分岐率($\frac{1}{\alpha}$)	備 註
1	668	205.3	0.30	0.22	4.45	$\alpha = \frac{N_{i+1}}{N_i}$ $\frac{1}{\alpha} = \frac{N_i}{N_{i+1}}$ (Ni爲i等級水流的數目)
2	150	73.2	0.49	0.23	4.29	
3	35	43.7	1.25	0.26	3.89	
4	9	30.1	3.34	0.33	3.00	
5	3	14.7	4.90	0.33	3.00	
6	1	5.4	5.40			

b. 二仁溪上游（崇德以上）流域

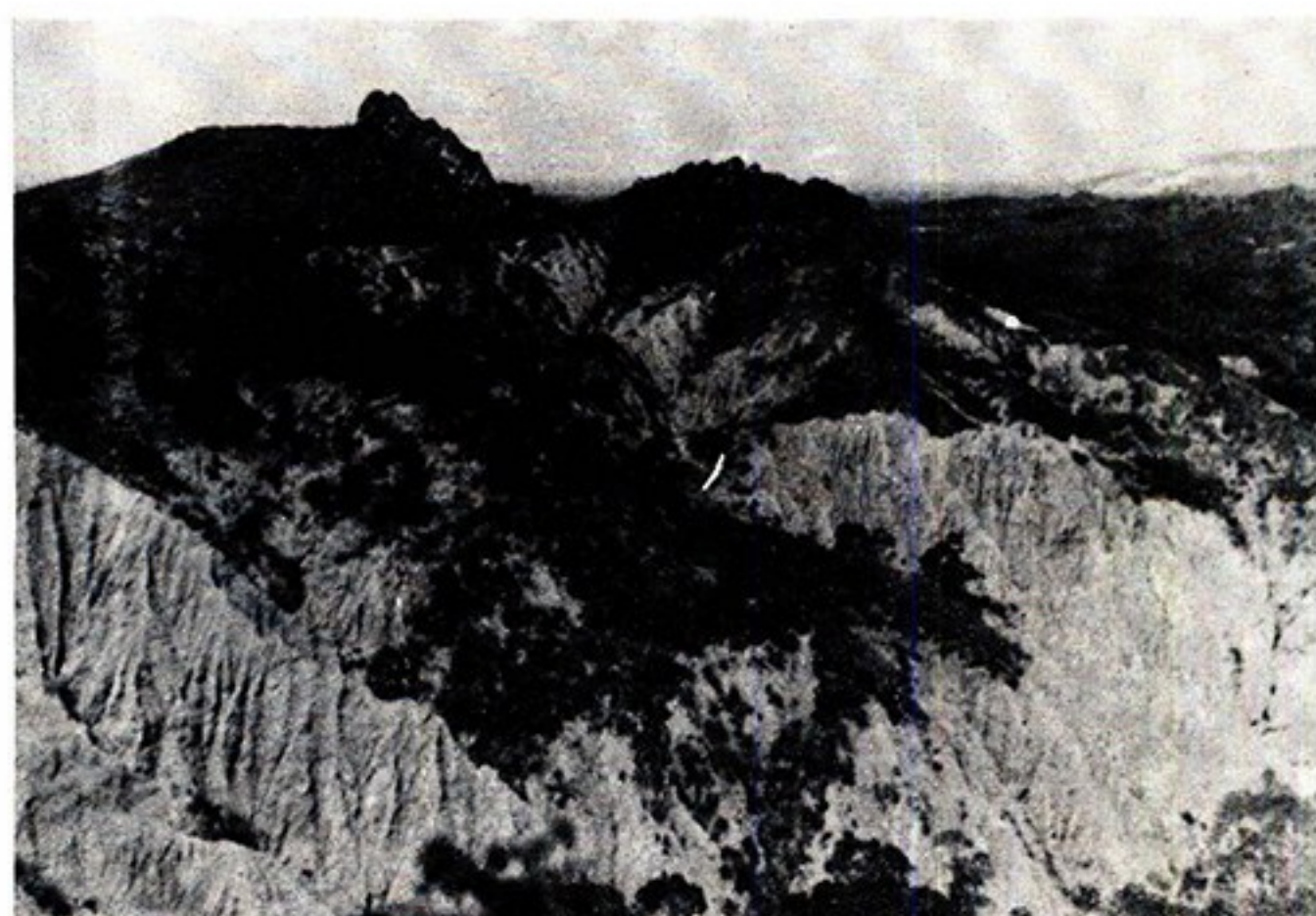
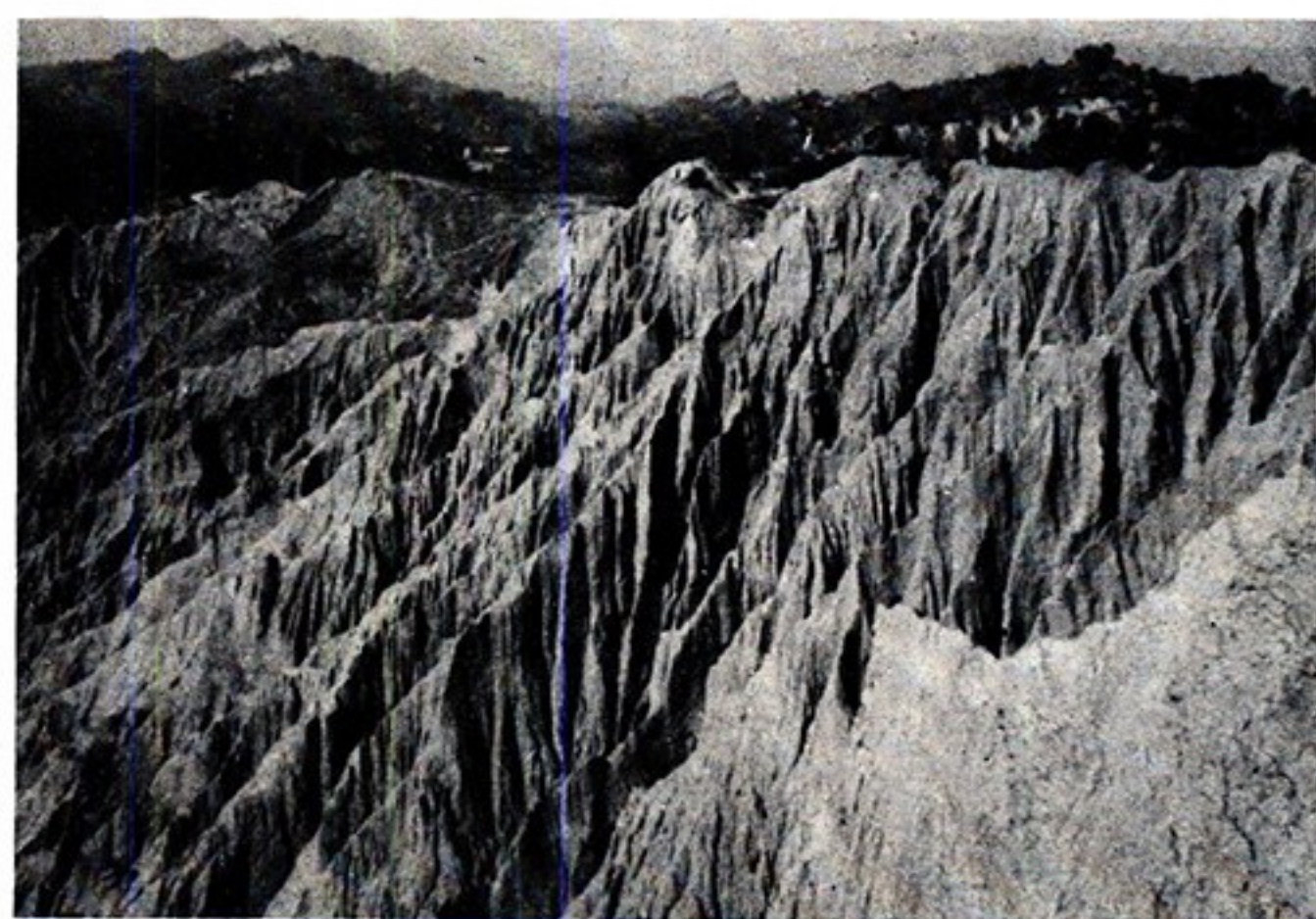
等 級	數 目	長度 (km)	均長 (km)	α	分岐率($\frac{1}{\alpha}$)	備 註
1	451	161.0	0.36	0.20	4.90	$\alpha = \frac{N_{i+1}}{N_i}$ $\frac{1}{\alpha} = \frac{N_i}{N_{i+1}}$ (Ni爲i等級水流的數目)
2	92	68.0	0.74	0.22	4.38	
3	21	32.8	1.56	0.19	5.25	
4	4	25.4	6.35	0.25	4.00	
5	1	12.7	12.70			

表 7. 崇德村古亭坑層及其上覆層之粒度比較表

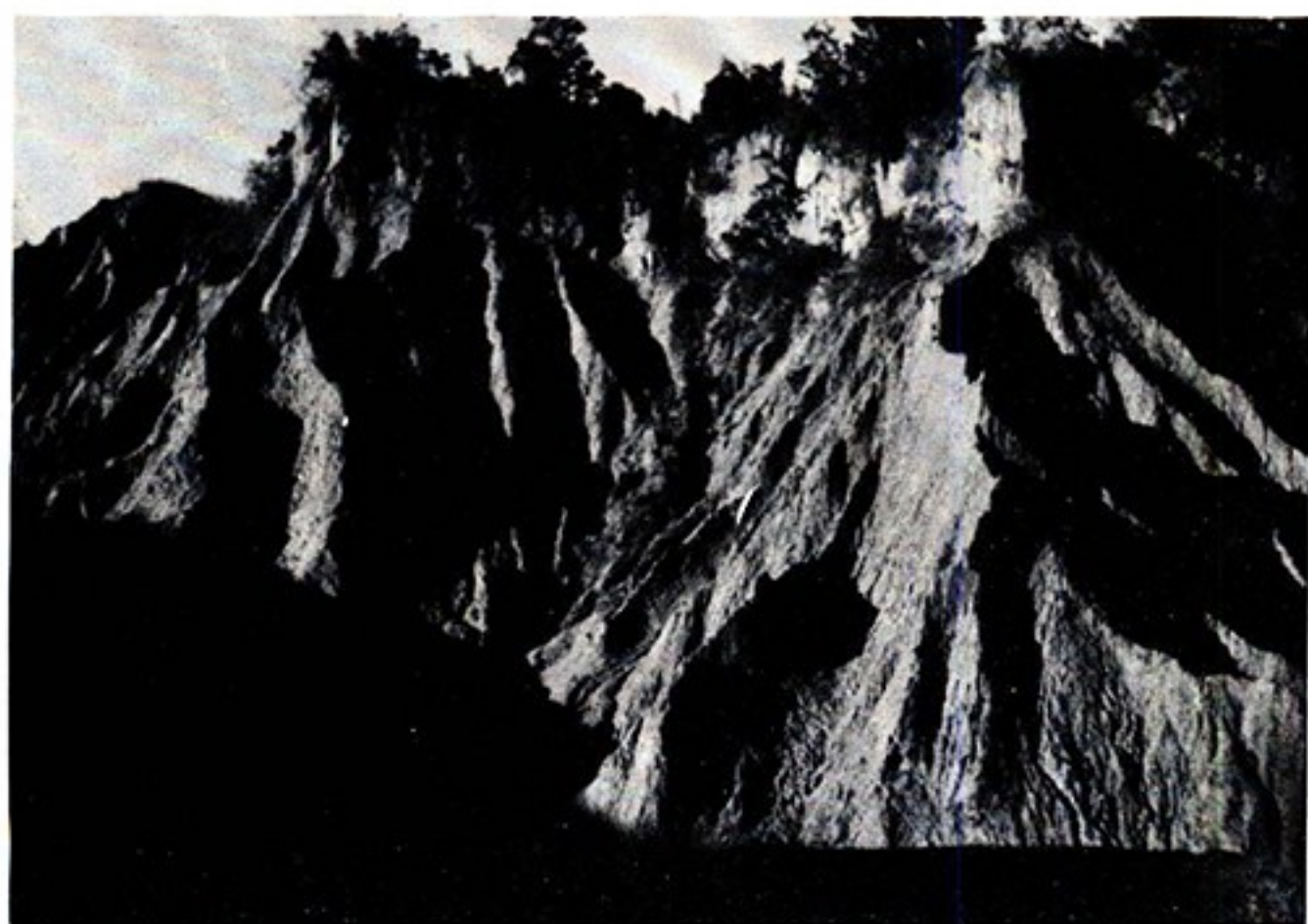
採 集 地 點	粒 度 組 成 累 積 百 分 比						粒 度				
	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7	ϕ_8	ϕ_9	Md ϕ	Q ₃ ϕ	Q ₁ ϕ	M ϕ	QD ϕ
崇德村小滾水（上）	40.4	59.2	75.6	83.4	88.0	92.4	4.5	6.0	1.5	3.75	2.25
崇德村小滾水（下）	8.5	15.0	31.5	50.3	66.2	75.7	7.0	8.9	5.6	7.25	1.65

表 6. 臺灣西南部惡地地區泥層的粒度組成統計表

編號	採 集 地 點	粒 度 組 成 累 積 百 分 比						粒 度				
		$\phi 4$	$\phi 5$	$\phi 6$	$\phi 7$	$\phi 8$	$\phi 9$	Md ϕ	Q ₃ ϕ	Q ₁ ϕ	M ϕ	QD ϕ
1	大 南	19.8	37.9	60.5	80.9	89.4	91.3	5.5	6.7	4.3	5.50	1.20
2	竹 崎	11.1	63.4	92.2	93.3	95.4	95.7	4.7	5.4	4.3	4.85	0.55
3	尖山埤水庫底	2.9	14.5	46.5	62.4	72.3	78.7	6.2	8.4	5.3	6.85	1.55
4	玉井玉聯磚瓦廠	7.4	20.0	40.3	54.1	63.4	69.8	6.7	9.7	5.2	7.45	2.25
5	玉 井	5.0	16.4	45.0	95.9	98.4	98.8	6.1	6.6	5.3	5.95	0.65
6	左 鎮 東 1km	11.3	27.4	57.0	75.0	86.2	91.2	5.8	7.0	4.9	5.95	1.05
7	南 化 國 中	3.5	10.3	34.1	55.5	88.1	95.1	6.7	7.6	5.6	6.60	1.00
8	虎 頭 埤	15.5	36.4	68.6	90.8	97.1	98.2	5.4	6.3	4.5	5.40	0.90
9	菜寮溪上游	4.2	16.9	36.1	55.1	72.4	83.8	6.7	8.1	5.4	6.75	1.35
10	崗 仔 林	4.6	20.2	42.7	85.6	98.0	99.4	6.2	6.8	5.2	6.00	0.80
11	心 仔 寮	7.6	16.0	38.4	82.0	94.8	96.8	6.3	6.8	5.4	6.10	0.70
12	木柵北 700m 處	1.8	11.7	26.6	85.8	95.4	97.1	6.4	6.8	5.9	6.35	0.45
13	關 廟 龍 崎 間	7.5	18.0	42.0	85.6	96.6	98.9	6.2	6.7	5.3	6.00	0.70
14	關廟國中後山坡上	7.7	14.4	35.4	78.0	95.5	97.6	6.3	6.9	5.5	6.20	0.70
15	石 磙	6.9	7.9	20.8	42.3	60.0	70.6	7.4	9.4	6.2	7.80	1.60
16	龍 船	15.5	42.5	62.4	75.8	86.9	92.7	5.4	7.0	4.3	5.65	1.35
17	大 坪	17.3	26.7	52.3	71.5	83.8	91.0	5.9	7.3	4.8	6.05	1.25
18	烏 山 頭	5.3	18.5	34.3	49.0	94.0	96.3	7.0	7.6	5.4	6.50	1.10
19	應 菜 壠	3.4	14.2	35.4	57.4	75.6	85.7	6.7	8.0	5.5	6.75	1.25
20	古 亭 坑 上	12.4	40.5	68.3	94.2	98.1	99.3	5.3	6.2	4.1	5.20	1.05
21	古 亭 坑 下	4.6	28.1	52.9	96.2	99.2	99.9	5.9	6.5	4.9	5.70	0.80
22	田寮鄉月世界(一)	5.1	10.5	23.5	43.3	61.8	72.1	7.4	9.3	6.1	7.70	1.60
23	田寮鄉月世界(二)	0.0	9.2	24.3	44.2	61.8	73.9	7.4	9.1	6.1	7.60	1.50
24	崇 德 村 小 滾 水	8.5	15.0	31.5	50.3	66.2	75.7	7.0	8.9	5.6	7.25	1.65
25	崇德村小滾水泥火山	10.7	28.0	45.7	59.0	68.8	81.0	6.4	8.5	4.8	6.65	1.85
26	旗 山 鎮 永 和 里	2.3	12.3	32.5	53.8	68.4	77.1	6.8	8.8	5.6	7.20	1.60
27	華 崗	6.2	21.8	45.9	70.3	86.0	92.5	6.2	7.3	5.1	6.20	1.10
28	南 勢 湖	4.3	21.1	42.4	62.0	74.8	84.6	6.4	8.1	5.2	6.65	1.45
29	奧 深 水	21.8	36.5	48.9	61.3	72.4	80.9	6.1	8.3	4.2	6.25	2.05
30	深 水 (深一橋)	7.5	11.3	95.7	97.1	98.7	99.0	5.5	5.8	5.2	5.50	0.30
31	滾 水 坪	8.0	13.0	28.0	41.0	54.5	65.2	7.6	9.9	5.8	7.85	2.05
32	烏林村同合興磚廠	4.0	12.5	44.4	81.9	91.7	98.9	6.1	6.8	5.4	6.10	0.70
33	澄清湖正門左前方	9.0	24.0	89.6	94.1	96.4	97.4	5.4	5.8	5.0	5.40	0.40







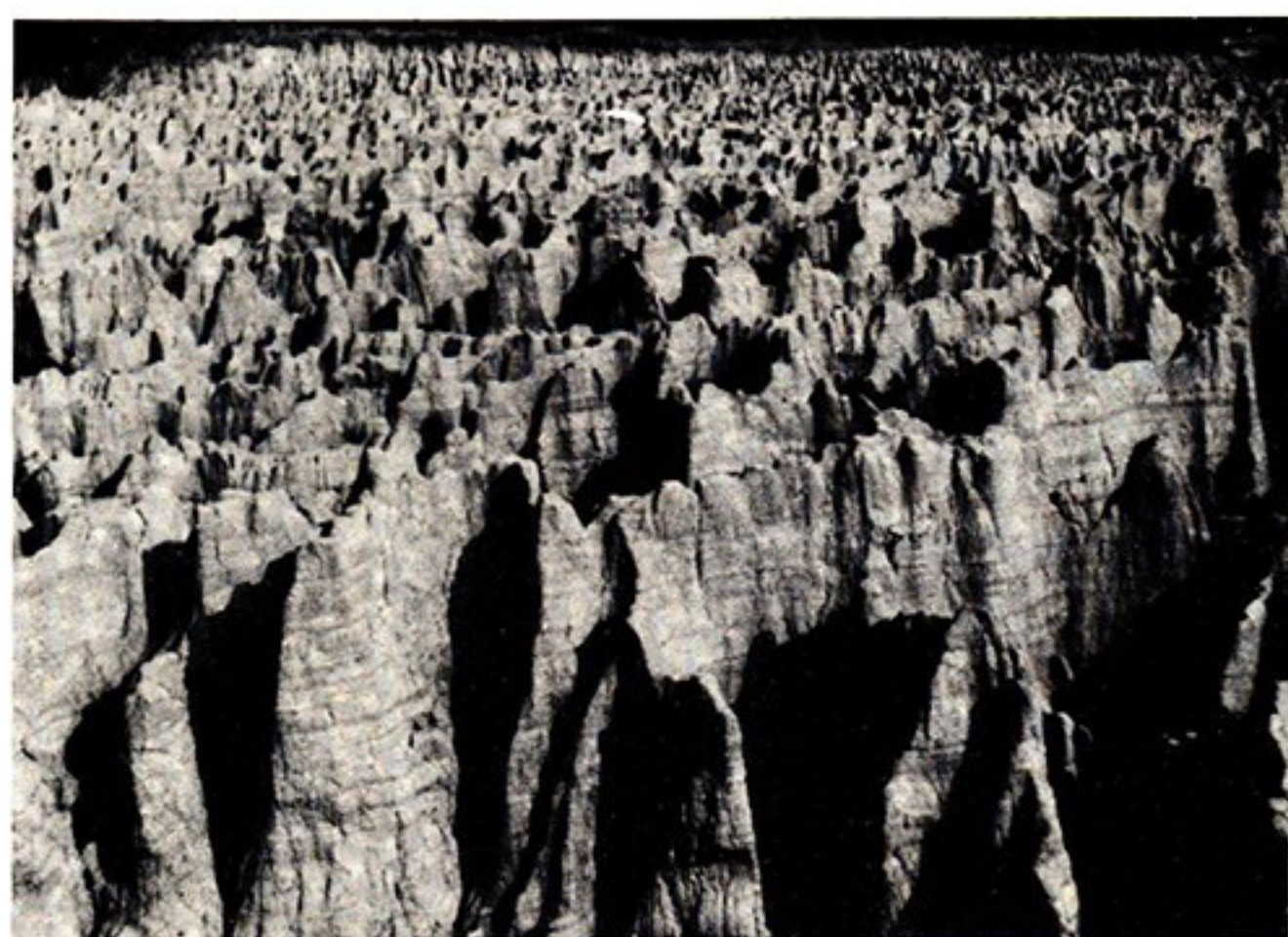
7
不整合，第三系與第四系



8
裸露，雨溝



9
泥河床的開析

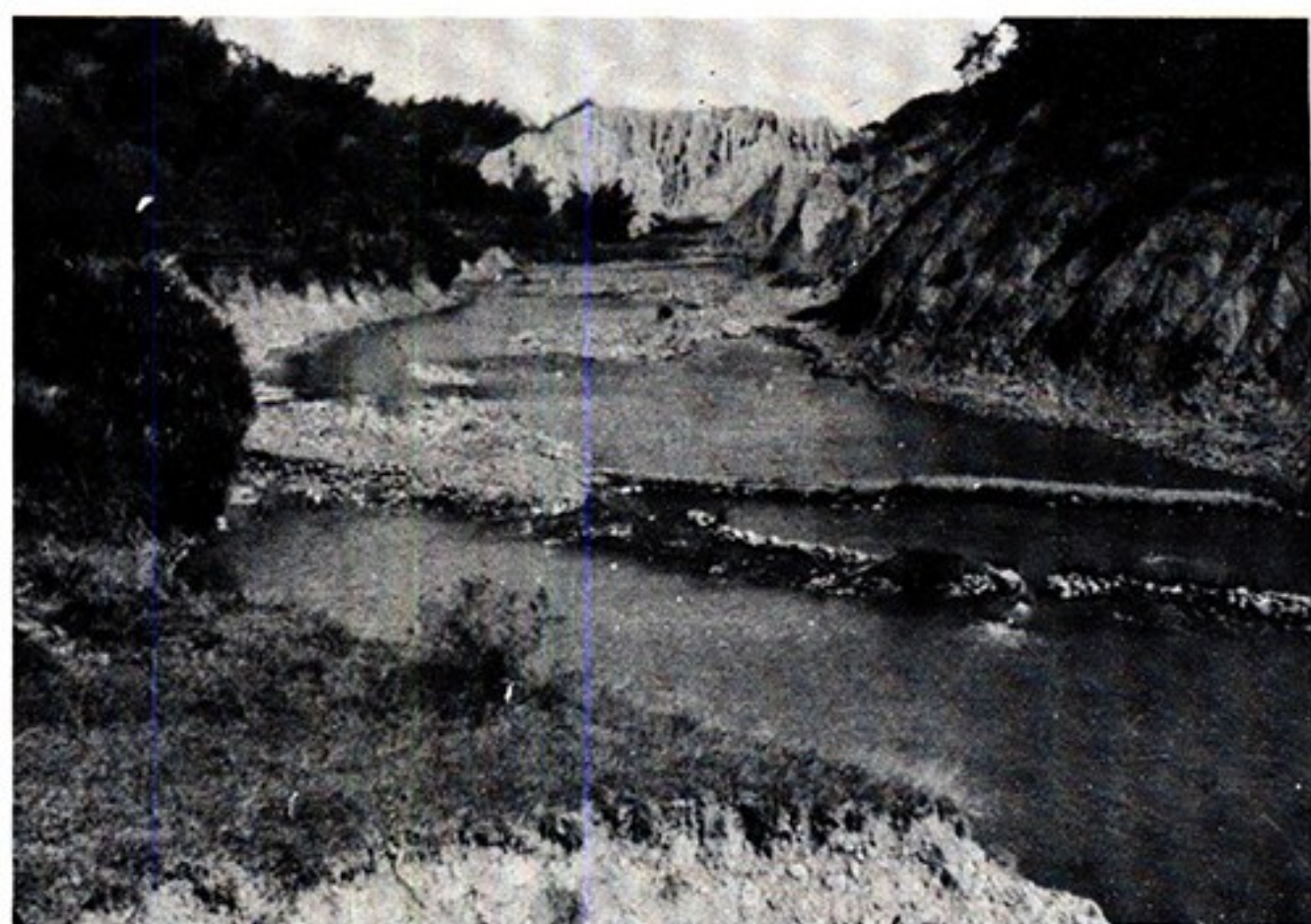




乾河床，鹽巴
13



二仁溪上游
14



曾文溪氾濫原
15

