



EJ095197602201

# 臺灣西南部典型惡地的地形學研究\*

## A Geomorphological Research on the Typical Badlands in Southwestern Taiwan

李 美 枝

Mei-Chih Lee

### ABSTRACT

The region of this research includes two river basins in southwestern part of Taiwan, one is the upper Ernjenchi (above Tsochen), and the other upper Tsailiaochi (above Chungteh), both of which are regarded as typical badlands with worst erosion and most rugged topography. Total area is 183 km<sup>2</sup>. Through the method of morphometry, field observations and experiments, six conclusive points, with 7 figures and 2 tables for reference, have been obtained as follows:

- 1) Observing from the definition of Strahler's basin pattern and stream order, the proportional rates of the valleys characteristics and streams characteristics in these research areas, such as total length, valley density, bifurcation ratio, and total valley number, etc., are all greater than those of other common areas. The average length of the 1st, 2nd and 3rd order valleys in these upper drainages is very short, under one kilometer.
- 2) Compared with Strahler's grades of river-valley morphometry on his

---

\*This article is the author's M.A. thesis.

topographic map of 1:25000 scale, the total valley length of these topical badlands is longer than that shown in the common map, rather close to the practical water system of heavy rain, appearing as dendritic pattern with very dense texture.

3) The badlands of this region belong to typically erosive topography. Mean slope is about  $15^{\circ}$ , mostly from  $15^{\circ}$  to  $20^{\circ}$ ; average relief more than 60m per  $0.25\text{km}^2$ , among which the range from 60 to 80m stays most; mean altitude is 100m or so, close to that of the relief. This indicates that the dissection in this region is very severe. In the Tsailiaochi basin, its mean slope is  $16^{\circ} 40'$  and average relief 77m which in the Ernjenchi basin, its mean slope is  $13^{\circ} 20'$  and average relief 63m, clearly showing that the dissection of the former is much stronger than that of the latter.

4) Viewing from the maps of the summit-leveling and valley-leveling in this region, the contour lines on the eastern and western edges of these areas are very close, plainly running in the EN-WS direction. This fact shows that the strata of these areas are controlled by en-echlon structures and faults. Their centers are respectively Lungchuan Fault and Shihman Fault

5) In this region, the badland soil has the following particular properties: compact structure, bad infiltration, rich runoff, high salinity and pH value high enough to hinder the metabolism of plants. Even weeds can hardly thrive, and  $\text{Na}^+$  content too high to form a good soil structure. As a result, the erosion is no doubt very strong.

6) This kind of bad slope land can be converted into good terrace fields. The point is how to control the soil erosion. To solve this problem, the following should be done before exploitation:

- a) reduce the relative height of the exposing bedrocks.
- b) build a proper drainage system and sand dams.
- c) grow alkali-resistant plants along the contour lines.
- d) decrease the overgrazing of the sheep herd.

## 壹、緒論

### 一、世界惡地的研究

惡地 (badland) 又稱劣地，主要是指地表遭受強烈侵蝕，出現無數深峻相鄰的雨溝，崎嶇難行，草木難生而成童山濯濯的景觀。這種地形以分佈在美國西部的乾燥地區，沿密蘇里河、小密蘇里河、白河 (White R.) 與洗泥河 (Cheyenne R.) 等地最顯著，最早被印地安人希奧克斯 (Sioux) 族發現，並利用做為抵抗聯邦政府軍隊的天然堡壘。其後法國探險家深入該區時，亦稱其為 *Mauvais terres pour traverser*，意思就是難以通過的劣地 (bad-lands to cross)，並認為其所以形成之因，蓋與土質優劣有關。事實上，惡地之形成，除了土質外，尚有其他因素，諸如氣候、岩層厚度、比高、土壤、植被等；正像石灰岩地區所產生的喀斯特地形一樣，惡地有其特殊的地形發育，頗有研究的價值。

有關惡地研究的文獻，以美國西部南達科他州一帶的研究最多，最早 J.M. Powell (1875) 以遊記方式詳述惡地景觀，提到岩層構造對惡地的影響。G.K. Gilbert (1877)(1909) 以氣候學和植物學的觀點說明惡地的發育，尤其對惡地的丘頂 (hill top) 的凸坡 (convexity) 特別加以重視，因而促使地理學者對惡地之成因與坡面之發達產生興趣。W.M. Davis (1892) 以河流侵蝕營力的觀點，研究惡地分水嶺凸坡剖面的演變，強調河蝕的重要。A.H. Fay (1920) 認為惡地缺乏植物覆蓋，致河川強烈切割地面，而成錯綜複雜、令人迷途的狹窄谿谷與尖銳山峯，崎嶇難行。C.A. Cotton (1944) 研究惡地，認為形成之主要營力是雨洗 (rain wash)，背景是裸地 (bare land)。H. Wanless (1922) 曾對南達科他州南部的白河 (White R.) 惡地群的沉積物之岩質加以探討。以上諸位學者都認為惡地是一種典型的侵蝕地形，其形成之主因與氣候、岩質、和植被有莫大關係，當時的研究重點也偏重在氣候環境、岩質和地表狀況的描述，做為闡述某種地形演進和營力之間的關係。

二次戰後，計量地理學興起，惡地的研究亦趨定量化，其中以 S.A. Schumm (1956a) 對形成惡地坡退的主角—雨洗和潛動 (creep)，加以研究，在他調查南達科他州、阿利桑那州和紐澤西州諸區的惡地時，發現到很多例子可以說明潛動和雨洗的明顯差異，同時發現惡地的坡度愈大，岩屑的移動速率也愈大，如  $40^\circ$  坡上為  $70\text{mm/yr}$ ，而  $15^\circ$  坡上只有  $15\text{mm/yr}$  的岩屑移動速率；岩質不同其侵蝕量亦不同，如在國家的紀念惡地 (Badland National Monument) 其山坡侵蝕為  $0.4 \sim 0.8\text{ mm/yr}$ ，而 Perth Amboy badland 的為  $1\text{ in/ten week}$ 。

S.A. Schumm更進一步對 Perth Amboy 的惡地展開一連串的計量研究，對該地區的泥層粒度、水流密度、河流等級、河流長度、每一級河的平均長度、集水盆地

的形狀等與地形期發育的關係，逕流和土壤的流失，水系網的演化以及河流剖面和山坡的關係，針對各處大小不同的比高和地形發育等各方面，詳述惡地的特色及其演化的過程。另一方面 K.G. Smith (1956) 也以南達科他州國家紀念物的惡地加以研究，對其侵蝕作用和地表形態也有詳細說明。

S.A. Schumm 和 R.H. Hadley (1958) 就懷俄明州的洗泥河盆上游 (Upper Cheyenne River Basin) 內沈積物的來源和集水盆地的特色，推測其土壤的流失及每年的侵蝕量，發現在植物缺乏區每年每方哩有高達 30 feet-5c re 的土壤流失量。M. Derrau (1962) 也強調地中海型氣候區內的裸地易演變成惡地，而其他的裸露與乾季長長和放牧過盛有關。

A.E. Scheidgger (1961) 對惡地地形發育的動力因素，以各種方式、模式來表示其演化的情況，特別提到時間因素的重要；而河流的基蝕 (undercutting) 常易造成惡地單坡的後退，小木偶岩 (Hoodoo)，土柱 (Earth Pilliar)，方山 (Mesa) 等小地形也常伴著發生。同時對 Horton 和 Strahler 的河流等級之分類提出修正，認為劃分河流等級時應考慮到上、下級河流的匯流，才能使河級有連貫性。另一方面他又和 W.B. Langbein (1966) 利用 Leopold 和 Langbein 的熱力學“熵”的觀念，計測河岸坡面，垂直肢節……等崩壞過程，藉以了解地形面的大幅度變化，並建議惡地的研究也應採用此法，始能對惡地的侵蝕地形有整體的了解。

由上觀之，惡地的研究可分為地表各種地形形態的說明，成因的探討和侵蝕量及發育速度的演變。

## 二、台灣惡地的研究

正如美國西部惡地的奇幻地形一樣，台灣西南部和東部海岸山脈中木坑溪一帶也有這種地形，曾受不少野外探險家的注目。特別是分佈在台灣西南部者，因地處台灣最富庶的嘉南平原東緣，一蒼一禿，一平一嶇，成強烈對比，令人觸目驚心，加以交通尚便，倍增探險與研究的興趣。

最早對台灣西南部惡地地形之現象和成因敘述的是鳥居敬造 (1932)(1933) 和吉田要 (1932) 認為本區的侵蝕地形和岩質，植被及降水有關。此外早坂一郎 (1932) (1933)(1934)(1935)，福留喜之助 (1922)，近藤久次郎 (1922)，金子壽衛男 (1942)(1943) 和牧山鶴彥 (1943) 等分別對本區地層內的哺乳動物和貝類化石，泥火山及石油田之分佈加以調查研究。林讚生 (1934) 也對惡地區內，泥火山的噴泥分析其化學成分。

光復以後，梁鉅榮等 (1951)(1953) 曾對台南、高雄等縣的土壤加以化驗，分析其肥沃度，並將本區內侵蝕最大的土系命名為左鎮系。近十年來，由於台灣人口激增，農地的擴展和保育，普受重視，而本區沖刷劇烈，土壤流失最多，對本省最主要生

產地帶的嘉南平原尤具影響，是以研究者漸多，諸如蕭寶宗（1962），王源（1970），孫習之（1971），周瑞燉（1971）等分別對本區的岩層，地質構造加以研究，並推測本區當時的沈積環境和堆積速度。石再添（1963）（1967）對本區泥火山的噴泥做X光和電子顯微鏡的分析，確認噴泥中含有 illite, chlorite, kaolinite 等易溶礦物，並對本區惡地之泥層加以粒度分析，發現其粒度大多為  $\phi 5 \sim \phi 8$  屬於粉砂（Silt）。廖汝河等（1964）（1968）曾應台灣山地農牧局之請，對本區泥岩地帶的保育，提供了最佳的意見。徐玉標（1967）曾就農田水利的觀點，對本區各河川、各水圳、各水庫的灌溉水質加以化學分析，發現本區內各水源的鹽度和 pH 值均較台灣其他各地為高。吳建民（1967）亦以水利工程學的觀點，對本區泥岩地帶的水文、氣象、地質和土壤等與沖蝕的關係和水庫泥沙的問題，提出綜合性的探討。

以上有關台灣惡地的研究，均分別着重於地質、岩層、和水土保持等方面。至於地形方面，徐鐵良（1971）曾就台南二仁溪上游的侵蝕地形，說明其演進過程與台灣西南部海岸平原的升降運動有密切關係。在地形學上的計量研究，石再添（1972）詳以各種地形計測，配合實驗與實查，將台灣西南部惡地範圍定出，並求該範圍內各地形要素的一般特色，各地形切割的原地面如何受地質構造的影響，並定出典型惡地的範圍。

### 三、本研究的範圍與目的

本研究以台灣西南部惡地地區內的典型惡地，即目前侵蝕最盛、地形最崎嶇的兩個流域—菜寮溪（左鎮以上）與二仁溪（崇德以上）為範圍（圖1），以實察、實驗與地形計測的方法，把握下列諸問題，探究其形態與成因為目的。

- (1) 典型惡地的地形形態有何特色？區內各地形要素如水系、流域形態、河谷等級、高度與坡度、起伏量等各如何？其切割前的原地形如何？有幾個明顯的地形面？其高度多少？
- (2) 典型的惡地岩質如何？與地質構造有何關係？本區土壤有何特色？其 pH、粒度、鹽分與有效養分各如何？土中陽離子交換能量如何？應屬何種土類？長有草木或有作物的風化土與不長草木的惡地土有何差異？本區內各大小支流的上、中、下游之土壤，其化學成分有何變化？
- (3) 典型惡地的形態與其他惡地有何差異？在二萬五千分之一地形圖上的地形計測與五萬分之一地形圖上的地形計測有何差異？
- (4) 典型惡地區的土地利用與水土保持應如何改進與加強？

## 貳、典型惡地的形態

為瞭解本研究區內各地形形態的特色，筆者做了下列地形計測，以計量方式求出本研究區內兩流域的特徵，並與其他惡地比較。

### 一、流域形態與河谷等級

#### A) 計測

(1)將兩萬五千分之一地形圖中的河流指出，是為河系；將其河源延長至呈V字形之等高線，則與實際水系相近，是為水系；再將其水源延長至呈直線之前一條等高線，是為谷系。畫出分水嶺，菜寮溪東側一小部分則以400m等高線為界，定出菜寮溪流域（左鎮以上）與二仁溪流域（崇德以上）的河谷系統圖，是為圖1。

(2)依 Strahler (1952)之河流分級水源細流為1級；1級水流相匯成2級；2級水流相匯成3級；以下類推，將菜寮溪與二仁溪兩流域的谷系、水系和河系各加以等級區分，並計算其數目、長度、分歧點等，以求主流平均幅員、流域的形狀係數、河谷密度、分歧距、分歧率各級河數及平均長等，繪製成表。

(3)在單對數graph中，以兩流域內各等級之水流數目為縱軸，河流等級為橫軸，繪製河谷等級統計圖，是為圖2。

#### B) 考察

(1)在二萬五千分之一地形圖上所劃出的河流，遠較實際水流為短；若延長至呈V字形等高線處，則較二萬五千分之一地形圖上所劃之河系更接近於實際狀況，但較實際水系稍長，亦即實際水流總長比地形圖上的河流總長約大2.5～3倍，但在乾燥時則介於兩者之間。

(2)就河谷總長觀之，菜寮溪之谷系長為河系長的5倍，二仁溪者為4倍，均較一般地區者遠大，即使如富有起伏的火山地形之陽明山區者也只不過3倍而已，其中菜寮溪又比二仁溪更具惡地典型；至於河谷密度，亦呈相似之比值；若以河谷本身之密度而言，菜、二兩流域均在 $1.3\text{km}/\text{km}^2$ 以上，較其他惡地區的河流如八掌溪( $1.18\text{km}/\text{km}^2$ )、曾文溪( $1.11\text{km}/\text{km}^2$ )、鹽水溪( $0.91\text{km}/\text{km}^2$ )、典寶溪( $1.12\text{km}/\text{km}^2$ )等都大；菜、二兩流域的河谷密度也都在 $6\text{km}/\text{km}^2$ 以上，顯示本研究區典型惡地之特徵。

(3)就分歧點觀之，河系：水系：谷系之比值在菜寮溪者為1:12:31，二仁溪者為1:8:18遠較陽明山區者1:2:7為大，就分歧距而言亦呈相似現象。

(4)就各級河數總值觀之，河系：水系：谷系之比值在菜寮溪者為1:9:24，二仁溪者為1:7:25，較一般地區者為大，尤以谷系與河系之比值高達24～25，更呈

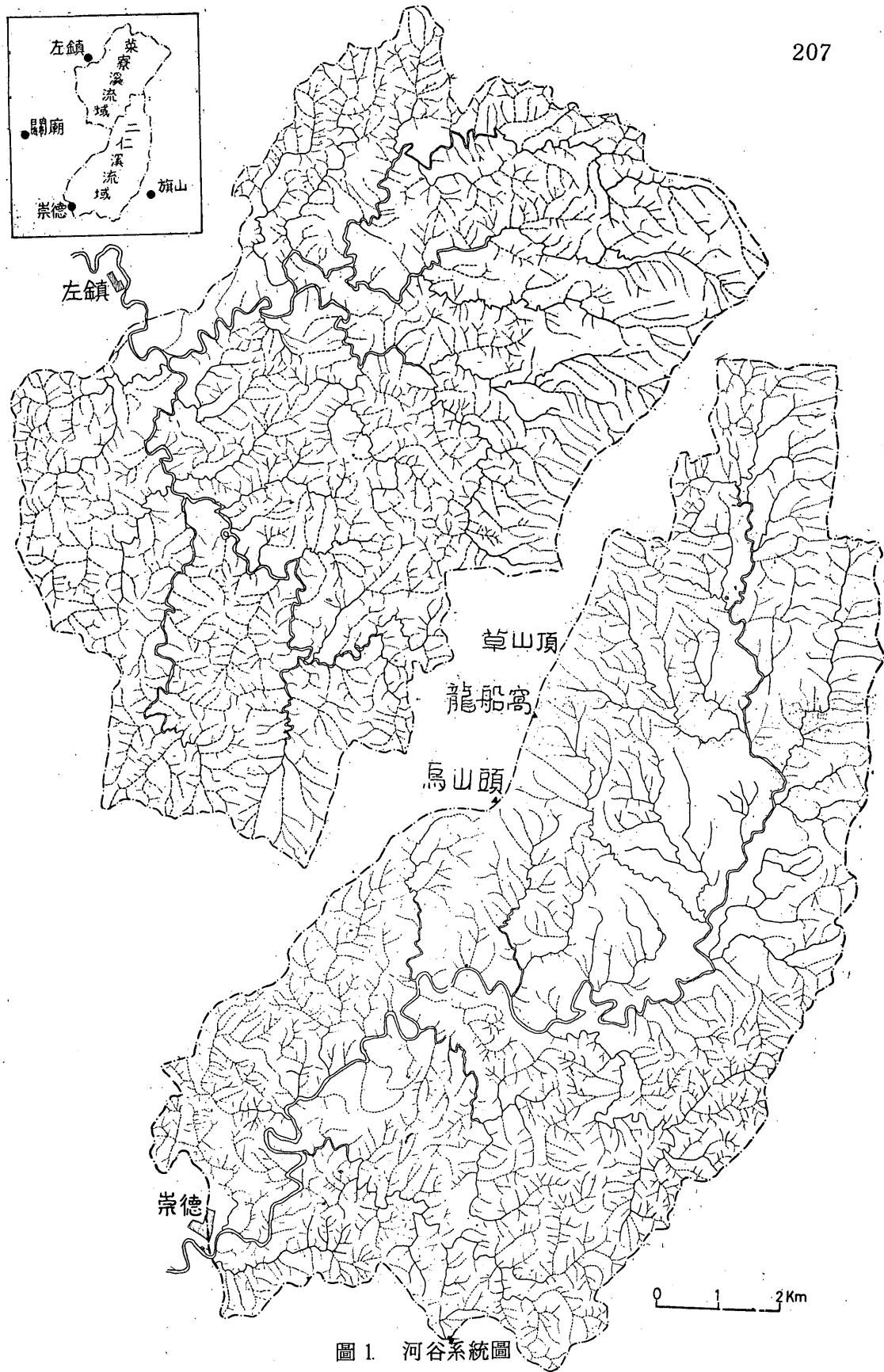


圖 1. 河谷系統圖

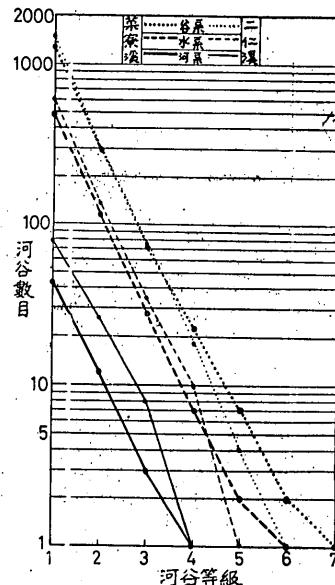
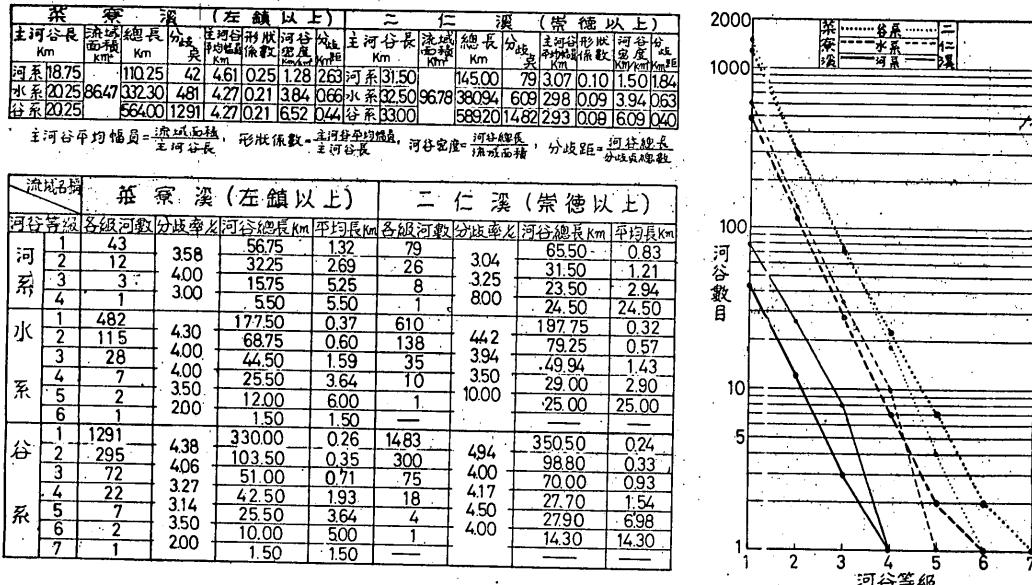


圖 2 河谷等級計測

典型惡地特色。

(5)就平均長觀之，在 1. 2. 3 級的流域之谷系平均長，兩流域均在 1 km 以下，較一般地區及陽明山區短得多，表示本研究區內兩流域之上游特具惡地典型。

(6)至於主河谷平均幅員、形狀係數及分歧率之各河、谷比值，則與一般地區者大同小異。

## 二、高度與坡度

### A) 計測

(1)分別以二萬五千分之一與五萬分之一地形圖中  $1 \text{ km}^2$  之方格的交點為測定點，得菜寮溪流域有 86 點，二仁溪有 97 點。

(2)繪以直徑 1 cm (於 1:25,000 圖中之計測用) 與直徑 0.5 cm (於 1:50,000 圖中之計測用) ——二者均相當於實際長度為 250m 的圓圈，套於測定點上，計算圈內通過的等高線數。

(3)依兩流域的測定數值，區分為 18 級 (依 1:25,000 地形圖測定) 與 8 級 (依 1:50,000 地形圖測得)，即通過一條者為 1 級，兩條者為 2 級，以下類推，製成坡度統計表。

(4)依坡度統計表，以次數百分比為縱軸，坡度等級和度數  $5^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$  等

爲橫軸，繪製頻度曲線與累加曲線，求其中數 ( $M_d$ )，平均數 ( $M$ )，四分數 ( $QD$ )，是爲圖 3a 與 3b。

(5)高度計測亦可以各方格之交點爲測定點，但取其高度，依石再添 (1972) 所作計測，知本區平均高度約在 100m 左右，菜寮溪約爲 110m，二仁溪約爲 88m。

#### B) 考察

(1)就二萬五千分之一地形圖計測所得，菜寮溪流域坡度的  $M_d$  為  $16^{\circ}36'$ ， $M$   $16^{\circ}40'$ ， $QD$  為  $3^{\circ}20'$ ，即本流域內有 50% 的坡度在  $13^{\circ}20' \sim 20^{\circ}$  之間，其中以  $17^{\circ}45'$  及  $19^{\circ}48'$  出現的次數最多，其次是  $15^{\circ}39'$  與  $13^{\circ}30'$ ，即全域中以  $13^{\circ} \sim 20^{\circ}$  之間的坡度占最多。若以五萬分之一地形圖計測所得之坡度的  $M_d$  為  $16^{\circ}22'$ ， $M$  為  $16^{\circ}45'$ ， $QD$  為  $3^{\circ}25'$ ；二者比較相差不多。

(2)就二萬五千分之一地形圖計測所得，二仁溪流域的坡度之  $M_d$  為  $13^{\circ}18'$ ， $M$  為  $13^{\circ}20'$ ， $QD$  為  $4^{\circ}40'$ ，即其 50% 的坡度在  $8^{\circ}40' \sim 18^{\circ}$  之間，其中以  $13^{\circ}30'$  出現的次數最多，其次是  $19^{\circ}48'$ ， $17^{\circ}45'$ ， $15^{\circ}39'$  及  $9^{\circ}05'$ ，即全域中以  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  之間的坡度占最多。若以五萬分之一地形圖計測所得之坡度的  $M_d$  為  $11^{\circ}50'$ ， $M$  為  $11^{\circ}08'$ ， $QD$  為  $5^{\circ}18'$ ；較二萬五千分之一地形圖所計測者爲小。但就實地考察知本區坡度與二萬五千分之一地形圖所計測者較爲接近。

(3)由坡度統計圖觀之，兩流域坡度都在  $13^{\circ}$  以上， $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$  之間者兩流域均占有 35%，汽車難行，交通不便。

(4)以菜寮溪流域與二仁溪流域相比較，前者的平均高度和平均坡度都比後者爲大，在菜寮溪流域坡度  $10^{\circ}$  以下者只占 10% 弱，而在二仁溪流域竟占有 30%，就出現最多的坡度而言，菜寮溪流域者爲  $18^{\circ}$  和  $20^{\circ}$ ，二仁溪流域者爲  $14^{\circ}$ ，若以  $20^{\circ}$  以上的坡度觀之，菜寮溪流域占有 26%，而二仁溪却只有 13%，顯示菜寮溪流域較二仁溪流域更爲崎嶇。

### 三、起伏量與其生長曲線

#### A) 計測

(1)就二萬五千分之一地形圖上找出本研究範圍內最顯著的山頭，計有①銀鍊山 (190m) ②烏山頭 (306m) ③龍船窩 (351m) ④窩鏡窗山 (220m)；分別以四山頭爲中心，再以相當於實際長  $0.25\text{km}$ ， $0.5\text{km}$ ， $0.75\text{km}$ ， $1.0\text{km}$  等之半徑所畫之同心圓套上，找出各同心圓內的最低點，並求其與山頂之高度差。

(2)以各高度差（即相對高度或起伏量）爲縱軸，各相當的同心圓半徑爲橫軸，繪製圖 4。

(3)由圖 4 觀之，以銀鍊山與窩鏡窗山爲中心所畫之曲線，約以半徑  $0.25\text{km}$  之

地點名稱		基層溪			二仁溪		
級數	坡度	次數	%	累加%	次數	%	累加%
0	0	0	0	0	3	3.09	3.09
1	2°18'	0	0	0	2	20.6	51.5
2	4°34'	1	1.16	1.16	9	92.8	14.43
3	6°51'	2	2.33	3.49	2	20.6	16.49
4	9°05'	3	3.49	6.98	10	10.31	26.80
5	11°19'	5	5.82	12.80	8	8.25	25.05
6	13°30'	11	12.79	25.59	16	16.50	51.55
7	15°39'	12	13.95	39.54	11	11.34	62.89
8	17°45'	15	17.44	56.98	11	11.34	74.23
9	19°48'	15	17.44	74.42	12	12.34	86.60
10	21°48'	7	8.14	82.56	7	7.22	93.82
11	23°45'	5	5.82	88.38	2	2.06	95.88
12	25°38'	4	4.65	93.03	2	2.06	97.94
13	27°29'	3	3.49	96.52	1	1.03	98.97
14	29°15'	1	1.16	97.68	1	1.03	100.00
15	30°58'	1	1.16	98.84			
16	32°38'	0	0	98.84			
17	34°13'	0	0	98.84			
18	35°46'						
合計		86	100.00		97	100.00	

註：依據二萬五千分之一地形圖計測

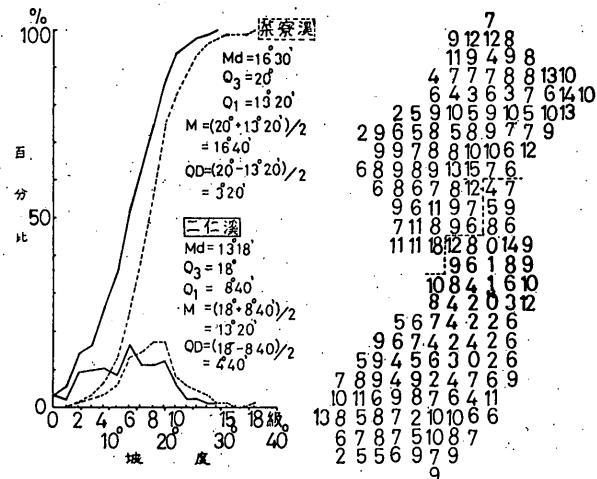


圖 3a 典型惡地坡度計測

地點名稱		基層溪			二仁溪		
級數	坡度	次數	%	累加%	次數	%	累加%
0	0	0	0	0	4	4.12	4.12
1	4°34'	2	2.33	2.33	15	15.47	19.59
2	9°05'	4	4.65	6.98	19	19.59	39.18
3	13°30'	16	18.60	25.58	17	17.53	56.71
4	17°45'	32	37.21	62.79	26	26.80	83.51
5	21°48'	18	20.93	83.72	14	14.43	97.94
6	25°39'	11	12.79	96.51	2	2.06	100.00
7	29°15'	2	2.33	98.84			
8	32°38'	1	1.16	100.00			
合計		86	100.00		97	100.00	

註：依據五萬分之一地形圖計測

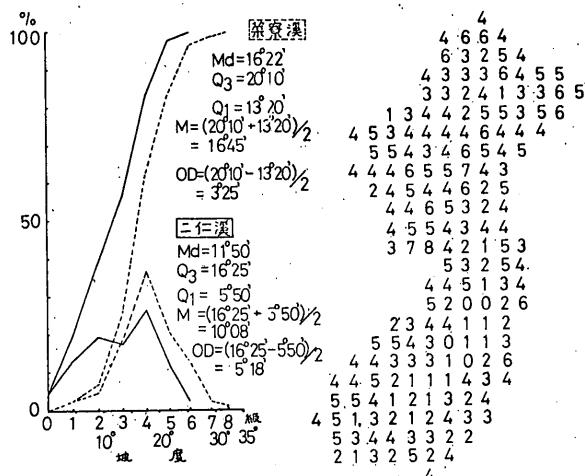


圖 3b 典型惡地坡度計測

地點名稱		基層溪			二仁溪		
級數	起伏量(m)	次數	%	累加%	次數	%	累加%
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0-20	2	0.58	0.58	30	7.73	7.73
2	20-40	8	2.33	2.91	52	13.38	21.11
3	40-60	61	17.73	20.64	107	27.62	48.73
4	60-80	137	39.83	60.47	104	26.80	75.53
5	80-100	83	24.13	64.60	45	11.60	87.13
6	100-120	32	9.30	93.90	14	618	93.31
7	120-140	14	4.07	97.97	6	412	97.43
8	140-160	3	0.87	98.84	8	206	99.49
9	160°	4	1.16	100.00	2	0.51	100.00
合計		344	100.00		388	100.00	

註：依據二萬五千分之一地形圖計測

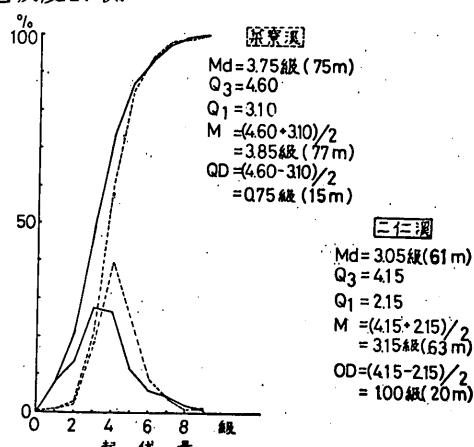


圖 3c 典型惡地起伏量計測

處為轉捩點，而以龍船窩與烏山頭為中心者，約以半徑  $0.8\text{km}$  之處為轉捩點，至此以上，起伏很小，故二者轉捩點平均約為  $0.5\text{km}$  左右，知本研究區的起伏量，接峯面與接谷面之計測，宜以  $0.5\text{km}$  之平方為計測單位。

(4) 將二萬五千分之一地形圖中，每一方格（即  $1\text{km}^2$ ）平分為四小方格（即每方格邊長為  $0.5\text{km}$ ），以每小方格為測定範圍，在每一小方格中，本研究區占有一半以上面積者取之，不及一半者捨之，計得菜寮溪流域 344 格，二仁溪流域 388 格。

(5) 尋每一方格內最高點並以為中心，畫一面積為  $0.5\text{km}^2$  平方（即  $0.25\text{km}^2$ ）之圓圈套上，尋出圓周上最低點，此兩點的高度差即為該範圍內最大之起伏量。

(6) 將起伏量分級，每隔  $20\text{m}$  一級，繪等起伏量線圖，是為圖 5。

(7) 將每隔  $20\text{m}$  為一級的起伏量共分九級，計算各級出現的次數，及其所占的百分比及累加百分比，製成起伏量統計表。

(8) 依起伏量統計表，繪製頻度曲線及累加曲線，並求其  $M_d$ ， $M$  與  $QD$ ，是為圖 3c。

### B) 考察

(1) 菜寮溪流域每  $0.25\text{km}^2$  內起伏量之  $M_d$  為  $75\text{m}$ ， $M$  為  $77\text{m}$ ， $QD$  為  $15\text{m}$ ；即本流域內有  $50\%$  之地的起伏量在  $62\text{m} \sim 92\text{m}$  之間。其中起伏量在  $60^+ \sim 80\text{m}$  者最多，佔全流域的  $40\%$ ，其次  $80^+ \sim 100\text{m}$  者約占  $25\%$ ， $40^+ \sim 60\text{m}$  者約占

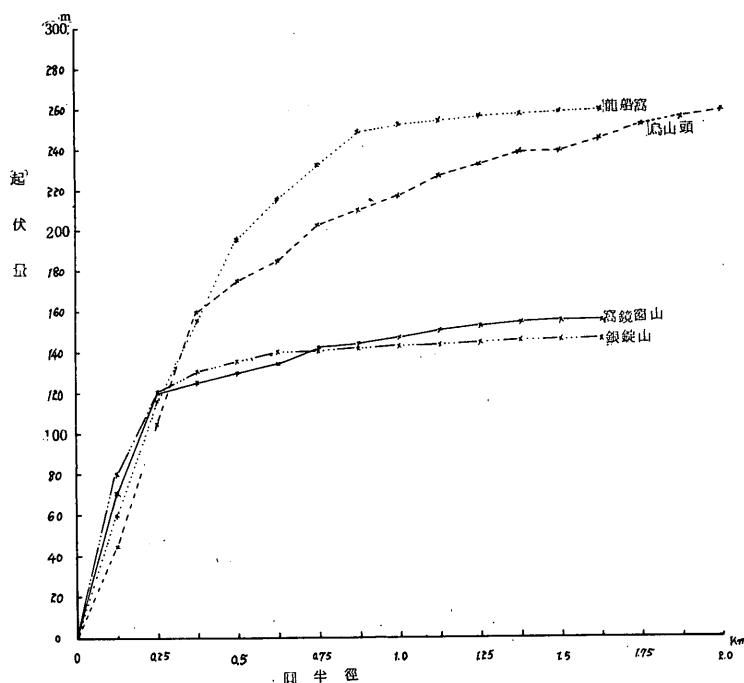


圖 4. 典型惡地起伏量生長曲線圖

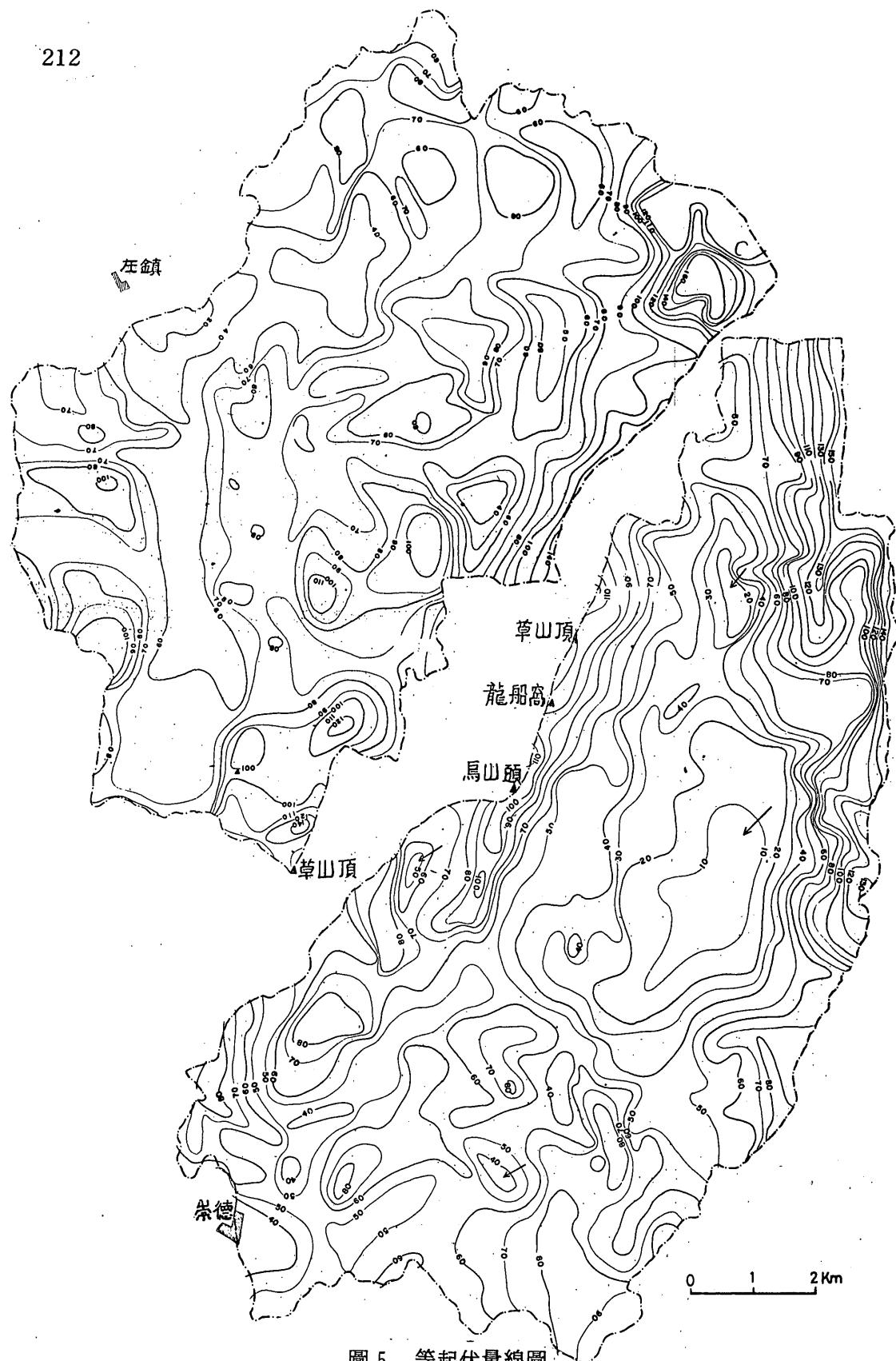


圖 5. 等起伏量線圖

18%，則  $40+ \sim 100m$  者合佔 83%。

(2)二仁溪流域每  $0.25km^2$  內起伏量之  $M_d$  為 61m， $M$  為 63m， $QD$  為 20m，即本流域內有 50% 之地的起伏量在  $43m \sim 83m$  之間。其中以起伏量在  $40+ \sim 60m$  者（占 28%）與  $60+ \sim 80m$  者（占 27%）二者最多，合佔全域 55%，若加上起伏量在  $20+ \sim 60m$  和  $80+ \sim 100m$ ，則達 80% 弱。

(3)綜觀上述兩流域在  $0.25km^2$  範圍內的起伏量最小都在 20m 以上，最高可達 160m 以上但為數很少，平均起伏量在  $60+ \sim 80m$ ，應屬丘陵地形，而本研究區內平均高度只有 100m 左右，顯示河流的下蝕作用強，切割厲害。其中菜寮溪的起伏量平均較二仁溪者為大，表示菜寮溪更具惡地典型的特徵。

#### 四、接峯面與接谷面

##### A) 計測

- (1) 將二萬五千分之一地形圖中之  $1km^2$  方格平分為四小方格。
- (2) 將每小方格中的最高點（做接峯面圖用）與最低點（做接谷面圖用）標出，並附記其高度。
- (3) 依所標出的最高點之高度，每隔 20m 做等值線，是為接峯面圖，即圖 6；依最低點之高度，亦做每隔 20m 之等值線，是為接谷面圖，即圖 7。

##### B) 考察

(1)由接峯面圖與接谷面圖觀之，本區東側與西側等值線密集（接峯面在 200m 以上，接谷面在 100m 以上者），並呈東北、西南之震旦方向，知其受雁行狀構造所控制，並與石門及龍船兩斷層通過有關。

(2)在接峯面圖中高度 200m 以下與接谷面圖中高度在 100m 以下的等值線較為稀疏，其最低處在左鎮與崇德附近，概為河谷之主流通過所在。另由二仁溪的接峯面圖與接谷面圖觀之，其等值線最疏之處都在中埔附近，地勢特別低平，似有一廣大的地形面存在，此與本處位於石門、龍船兩斷層間，地呈向斜構造，上覆有台地礫石層透水性佳，地勢較兩側山脊為低，不易遭受侵蝕有關。

(3)在接谷面圖中，等值線分向南北凹入，而以龍船斷層為分界，似為兩向斜谷（北為玉井向斜的南延，南為中埔向斜）。40m 的等值線則由左鎮分向東、向南延伸，其  $80 \sim 100m$  的面，相當於接峯面圖中之  $140 \sim 200m$  的面，知其下蝕量約在  $60 \sim 100m$ 。

(4)中埔以下，接谷面的等值線呈東西向凹入至應菜龍止，與應菜龍斷層方向同，但在應菜龍以南，轉為南向凹入，與古亭坑斷層同向，另外一股向東南凹入，似有另一斷層通過，待查。

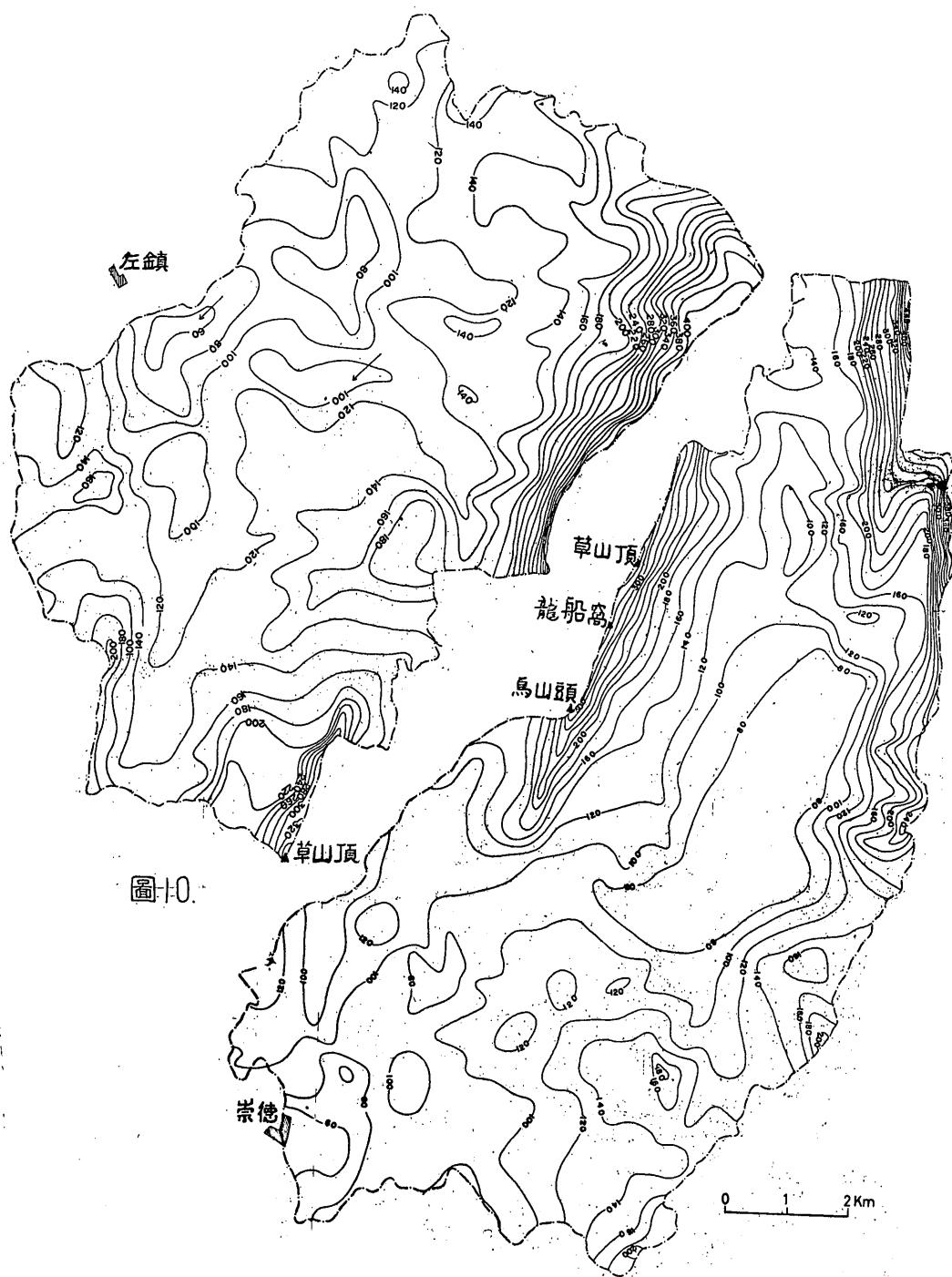


圖 6. 接峯面圖

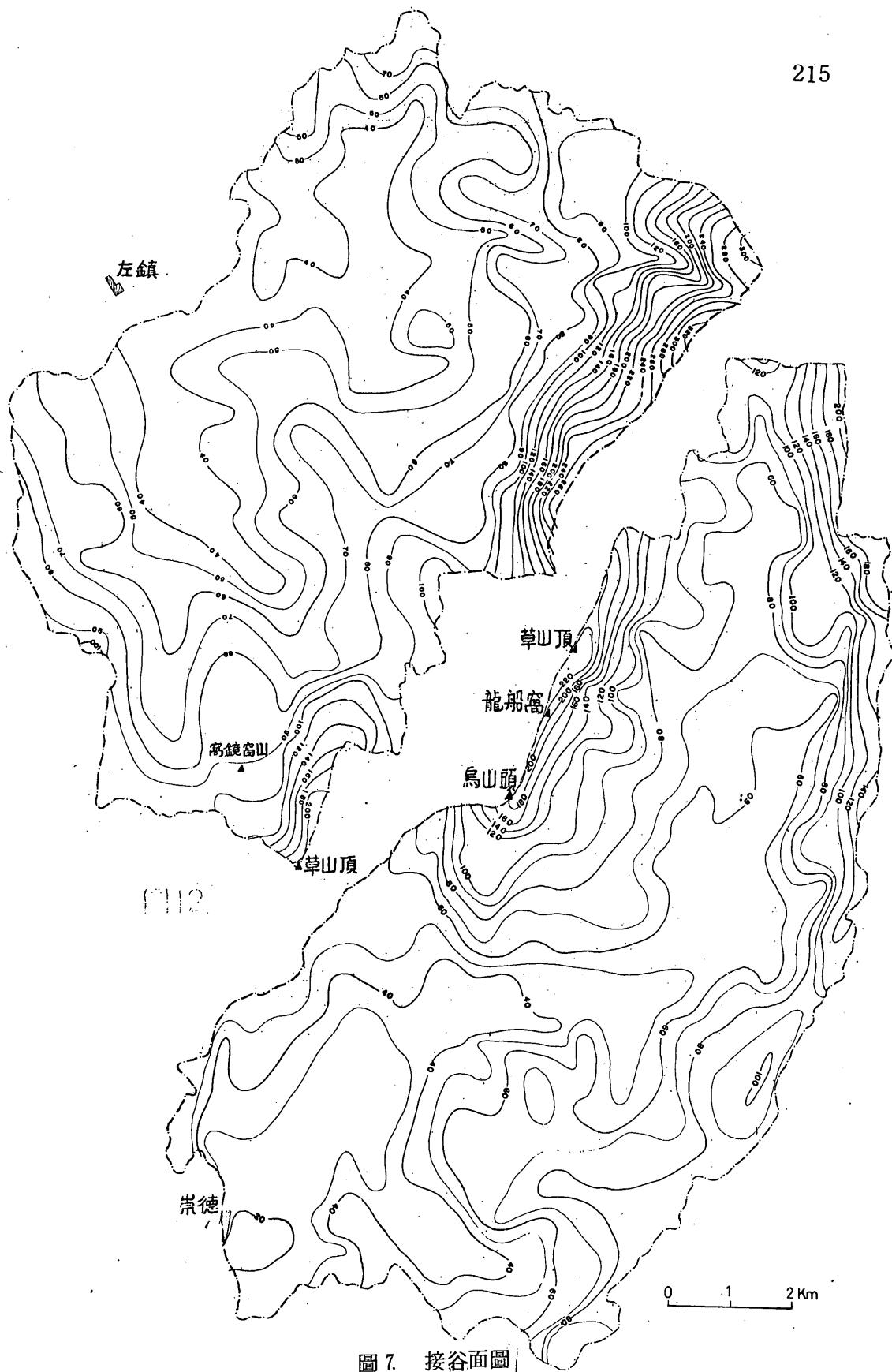


圖 7. 接谷面圖

(5)由五萬分之一地形圖中所做的接峯面與接谷面圖，亦與由二萬五千分之一地形圖中之計測同樣有受雁行構造所控制的現象，但惡地區內的小地形面在五萬分之一地形圖中之計測，却不易顯現。

## 參、典型惡地的成因

由惡地研究的諸文獻中觀之，對惡地形成關係最密切的因素不外有岩層、土壤、氣候與植被等，這些因素是相互關聯的，再加上人類不妥善的土地利用方式也更加促惡地地形的發育。茲將影響本研究區內典型惡地的成因分地質、土壤、氣候與其他等四因素分述於後：

### 一、地質因素

與地形最密切的地質因素為岩層與構造，而岩層中以岩石的質地和厚度最重要，構造則以改變岩層變位的斷層和褶曲最重要，茲分述如下：

(1)地層：本區地層以南部第三系為主，約相當於北部頭嵙山層或卓蘭層之上新世到更新世的地層；以青灰色（或灰白色）砂岩與青灰色（乃至綠灰色）頁岩互層為主。此層吉田要（1932）與鳥居敬造（1932）命名為古亭坑層，厚達2,500公尺。其上覆有第四紀洪積層與沖積層，呈不整合狀。

本區除龍船脊頂上出露之砂岩，與中埔以上的二仁溪上游兩側谷地出現之台地堆積層，屬於含水層外，其他地區，山脊兩側均以含水性差，透水不良的古亭坑層為主。古亭坑層又可細分為下部古亭坑層與上部古亭坑層，其下部者，有很多細脈狀的方解石薄片和可溶性礦物夾於頁岩與泥岩中間，占本研究區的大部分；其上部者，以粗鬆的青灰色頁岩與頁岩砂岩為主，分佈在本研究區的西側和南邊一小部分。這等岩層，本身脆弱，結構不固，乾時呈土塊，用手壓之易破碎，稍加水即易溶化，流動而成泥狀，是以暴雨之際每易崩塌，致沖刷劇烈，草木難成，加甚地勢起伏而成惡地。

(2)本區主要構造呈北北東—南南西，同方向的斷層和褶曲發達。其中通過菜寮溪的斷層，西邊有觸口斷層和口胥裡斷層的南延，二者相距較近，其間又有許多小斷層錯綜分佈，斷崖陡峻矗立，更加速母岩的暴露，雨水、河水的侵蝕，東邊、南邊和二仁溪則以龍船斷層為界。通過二仁溪流域之斷層，在西南邊有古亭坑斷層，中有東西走向的應菜龍斷層，二者向東北和東方伸延與西北部的龍船斷層相會，龍船斷層的東側另有石門斷層相平行，分佈於本流域東側邊緣，呈東北、西南行的震旦方向。上述諸斷層的兩側，均可發現到垂直或近垂直的傾斜地層，使軟弱的頁岩泥岩暴露地表，加速河蝕、雨蝕的進行。

(3)本區除斷層變位外，褶曲亦相當劇烈，主要之背斜在菜寮溪的有九層林背斜，

，二仁溪的有小滾水背斜和坑內背斜，主要向斜在菜寮溪的有玉井向斜的南端，二仁溪的有木柵向斜，龍船向斜和南安老向斜。這等褶曲所成的直角或近直角之地層亦到處可見。泥火山常沿背斜軸斷層線分佈，其噴泥所到之處，鹽分特高，植物不生。

(4)綜上地質因素觀之，本研究區，位於岩層變位劇烈之處，地質鬆弛，每易崩塌，加以泥岩、頁岩本身細緻，透水不佳，每逢暴風狂雨之際，地表逕流多，沖刷劇烈，更加速形成崎嶇不毛的景觀。

## 二、土壤因素

為了進一步了解惡地地區之所以童山濯濯，草木難生的原因，筆者特別將台灣西南部惡地區內暴露的土質與其上的風化土帶回，加以理性分析。分土壤中交換性陽離子的交換能量之測定與土壤肥力測定兩大部分。陽離子交換能量的測定，以菜寮溪流域與二仁溪流域的典型惡地為主，肥力測定的範圍則廣及八掌溪上游，曾文溪（包括大埔溪，密枝溪和菜寮溪等支流）鹽水溪、阿公店溪、典寶溪與二仁溪等流域，以利比較。茲將樣本的採集與處理，分析的項目與方法及其結果略述於後：

### (1)樣本的採集與處理

A、按各流域之上、中、下游，分噴泥土、惡地土與其上長有草木或作物之風化土，分別採集，放入布袋中，記上採集時間、地點與地面狀況。

B、將帶回之樣本，置於通風處自然風乾，再磨碎，並以孔徑 2mm 的篩子，返覆篩別，然後裝入塑膠袋或玻璃罐中，編號備用。

### (2)分析的項目與方法

就土壤影響作物關係最密切的要項分析，共分兩大類如下：

A、土壤肥力的測定，包括：

(一)質地 (Texture)：以手觸摸，並做粒度分析。

(二)pH 值 (pH value)：以玻璃電極測定法，讀數至 0.01 pH 單位。

(三)可溶性鹽分 (Soluble Salts)：用電導度法 (Electrical Conductivity Bridge) 測定，單位 millimhos/cm，(即 mmhos/cm, 25°C)。

(四)有機物 (Organic matter)：用比色法 (Colorimetric Method)。

(五)全氮量：用 Kjedahl 氏蒸餾法。

(六)有效性磷 (Phosphorus Availability Index)：用白雷式第二法 (Brays P. Method) 比色法，(0.1N HCl-0.03N NH<sub>4</sub>F)。

(七)交換性鉀 (Exchangeable Potassium)：焰光計法 (Flame Photometer Method)，波長用 768m<sub>μ</sub>。

B、土壤中交換性陽離子的測定

(-)交換性鉀：同上。

(-)交換性鈉 ( Exchangeable Sodium ) : 同上用焰光計法，但波長改為  $589m\mu$ 。

(-)交換性鎂和鈣 ( Exchangeable Magnesium and Calcium ) : 用 E.D.T.A. 滴定法。

將上述各項分析的結果，依各流域分土壤肥力測定和交換性陽離子測定繪製成表 1 與表 2 。

### (3) 考察

就以上分析結果加以考察，知道下列諸點：

A、本區土壤粒度據石再添 (1972) 分析，大多在  $\phi 5 \sim \phi 8$  ( $\frac{1}{128} mm - \frac{1}{256} mm$ )

，屬於美國農業部土壤分類中的紳質壤土和紳土。有鬆脆的感覺，乾時易成土塊，用手壓之易破碎，搓碎時有光滑及粉狀感覺，稍加水即易流動成泥狀，其內夾有少數粘土，月世界之蔗田土含粘土較多，乾時易成大小不等的硬土塊，濕時粘性很大，滲透欠佳，每遇暴雨，地表多逕流，加強侵蝕。

B、pH 值除鹽水溪流域呈微酸性外，其他各流域都在 8 ~ 9 之間，滾水坪之噴泥土甚可高達 9.55，可能與鈉鹽含量太高有關。至於各流域內，以上、下游觀之，pH 值的變化，並不顯著，表示成土母質大抵相同，亦即成土因素中受母岩控制。但由垂直剖面觀之，位於土質上部者或長有草木、作物之惡地風化土，其 pH 值一般較下層之惡地土為低，顏色亦由青灰色轉為灰黃或淡黃，但在菜寮溪和二仁溪者之 pH 值仍在 7.9 以上。

C、可溶性鹽分：作物的生長和可溶性鹽分的含量關係密切，其含量在 (2 mmhos/cm) at 25°C 以下時，大多數作物不受影響；在 2 ~ 4 mmhos/cm 時，敏感的作物要受到限制；在 4 ~ 6 mmhos/cm 時，大多數作物生產要受到限制；在 8 ~ 16 mmhos/cm 時，只有耐鹹作物能生長；在 16 mmhos/cm 以上時，則很少有作物能生長了。由表 1 觀之，惡地區的惡地土，所含可溶性鹽分都很高，尤其是滾水坪之噴泥竟高達到 105 mmhos/cm，位其東方的小惡地沈積土亦在 4 mmhos/cm 以上，故全部呈光禿禿狀，侵蝕強烈，呈典型的地形侵蝕小模型，其旁的菜田土含鹽分亦達 3.4 mmhos/cm。其他各流域，可溶性鹽分含量的變化，上下游關係小，而本身上、下層垂直變化大，位於表土或較上部者，鹽分含量低（因雨水沖洗故），故多能長草木或作物，而鹽分含量多者，以剛暴露之土層居多，其上草木難生。這種鹽分的分佈，由表層向下遞增，而以噴泥最高，充分顯示本區之岩層早期係屬海相沈積無疑。

D、土壤肥力的分析：就全氮量，有機質和有效性磷的含量觀之，惡地地區的土

表1 惡地土壤肥力分析表

編號	採集地點	土壤狀況	pH	可溶性鹽分 (mmhos/cm <sup>2</sup> )	有機質 (%)	全氮量 (%)	有效鉀 (P.P.M.)	交換性K (P.P.M.)	土型
1.	南化園中	惡地土	7.95	19.05	0.94	0.06	5.50	170.00	粉壤
2.	"	惡地土(草)	8.20	4.56	1.10	0.08	2.00	80.80	"
3.	心佳東	惡地土	7.95	3.65	0.52	0.09	4.50	178.00	"
4.	菁埔寮	惡地土	8.60	6.25	1.34	0.09	0	160.00	"
5.	"	惡地土(草)	5.60	0.22	0.81	0.03	0	31.50	"
6.	內湖子林西	惡地土	8.50	6.45	0.86	0.06	1.20	73.00	"
7.	二寮村	惡地土(草)	8.70	13.20	0.90	0.09	4.80	106.00	"
8.	"	惡地土(草)	8.50	0.52	1.05	0.10	0	34.60	"
9.	內庄子	惡地土(草)	8.90	4.35	0.81	0.03	0	60.00	粉
10.	"	惡地土(草)	8.30	0.51	0.85	0.04	8.40	44.60	粉壤
11.	"	惡地土(草)	8.55	0.42	0.97	0.06	0	26.90	"
12.	"	惡地土(草)	8.20	0.77	0.48	0.05	4.80	36.90	"
13.	左鎮東1km	惡地土	8.50	11.90	0.14	0.03	1.50	24.00	粉
14.	茶 廣	惡地土(草)	8.30	6.55	1.32	0.10	2.00	108.40	粉壤
15.	"	惡地土(草)	8.00	4.30	0.50	0.03	0	39.20	粉
16.	新 州	惡地土	7.70	3.70	1.75	0.11	0	50.00	粉
17.	曾文溪橋下	沉積土	8.10	0.92	1.10	0.10	0	67.60	粉壤
18.	李樹北77m	惡地土	8.00	2.95	1.09	0.06	70.00	85.00	"
19.	馬山頭	惡地土	8.70	4.10	1.12	0.10	0	123.80	"
20.	"	惡地土(草)	8.10	0.45	0.56	0.04	4.00	80.80	"
21.	旗山水和里	惡地土	7.90	4.90	0.19	0.10	5.50	100.00	"
22.	吉 葉	惡地苗圃土	8.10	5.50	1.15	0.10	2.80	103.80	"
23.	田寮鄉月世界	惡地土	8.45	28.00	0.31	0.05	9.00	218.00	"
24.	"	惡地農田土	8.30	1.00	0.87	0.05	0	75.30	"
25.	旗後小1A	惡地鹽漬土	8.90	85.90	0.62	0.07	22.00	250.00	粉
26.	茶樹小灌木	惡地土	8.50	10.20	0.52	0.06	3.80	155.00	粉壤
27.	"	惡地風化土	8.60	5.00	0.19	0.04	5.50	46.00	"
28.	大 優	惡地牧草田	8.00	1.65	0.81	0.03	0	46.90	粉
29.	石 碼	惡地土	8.30	13.85	0.66	0.08	3.80	258.00	粉壤
30.	龍 騭	惡地土	8.40	12.25	0.52	0.07	5.50	132.00	"
31.	關西~龍崎間	惡地土	8.00	12.00	0.59	0.07	3.80	170.00	粉
32.	關廟圓盤地	惡地土	8.05	6.00	0.37	0.10	9.00	118.00	粉壤
33.	五甲村側面	惡地土	7.75	29.00	0.14	0.05	3.80	46.00	"
34.	大崎頭	惡地土	8.50	10.50	1.32	0.09	0	111.50	"
35.	三 井	惡地土	7.95	4.95	0.52	0.09	3.80	125.00	"
36.	五井仔頭頂	惡地風化土	6.20	3.00	0.31	0.09	30.00	46.00	"
37.	牛舌浦	惡地土	9.20	4.94	1.28	—	—	125.00	粘壤
38.	田子南	惡地土	8.20	1.66	1.15	—	—	54.60	粉
39.	風吹嶺	惡地土	8.10	40.50	1.08	—	—	—	粉壤
40.	"	惡地土(草)	8.00	0.88	0.61	—	—	—	"
41.	佳興摘下	惡地土	8.20	2.50	0.86	—	—	—	粘壤
42.	豐一溪	惡地土	9.20	4.80	1.10	—	—	120.60	粘壤
43.	"	惡地土(草)	8.70	6.00	0.94	—	—	95.70	粉壤
44.	"	惡地附土	8.30	0.81	1.15	—	—	39.20	"
45.	大 坑 尾	惡地土	7.90	1.85	1.17	—	—	3.50	砂壤
46.	"	惡地土(草)	6.60	0.37	0.09	—	—	21.50	"
47.	溫山園小	惡地風化土	6.30	0.38	0.23	—	—	39.20	粉壤
48.	加 水 坑	惡地風化土	6.60	0.51	0.44	—	—	54.60	"
49.	新竹林竹林	惡地土(草)	5.30	4.60	0.07	—	—	—	—
50.	"	惡地土(上層)	5.20	1.80	0.99	—	—	19.20	"
51.	三十六番	惡地土	7.90	3.70	1.39	—	—	75.30	"
52.	三十六番山腰	惡地風化土	5.90	0.58	0.43	—	—	26.90	"
53.	福 坑 子	惡地土	7.80	0.22	0.83	—	—	54.60	"
54.	拖 帽 子	惡地土(草)	8.60	12.00	0.47	—	—	130.10	"
55.	"	惡地土(草)	8.10	1.10	0.95	—	—	39.20	"
56.	深水溝一橋	惡地土	6.95	9.00	0.06	0.03	7.00	24.00	粉
57.	" (2)	惡地土	7.10	3.80	0.73	0.03	5.50	46.00	粉壤
58.	" (2)	惡地土	7.70	4.00	0.39	0.03	18.00	140.00	粉
59.	濱水 岷	小惡地土上部	8.60	105.00	1.01	0.08	157.60	238.00	"
60.	"	小惡地土下部	9.20	87.00	1.01	0.06	64.80	170.00	"
61.	"	小惡地土(草)	9.55	4.20	1.47	0.05	352.00	128.40	"
62.	"	小惡地噴送土	9.00	32.00	1.37	0.10	414.40	218.00	"
63.	"	小惡地農田土	7.80	3.40	1.37	0.04	5.00	44.60	"
64.	柳 界	惡地土	8.70	0.68	0.70	—	—	54.60	粉壤
65.	湖水溝道橋下	惡地土	8.40	2.38	1.12	—	—	39.20	"
66.	淡水溝道橋下	惡地土(草)	8.10	0.90	1.40	—	—	21.50	"

表2 典型惡地土壤交換性陽離子分析表

流域 名稱	編號	採集地點	土質狀況	交換性鹽基								備註	
				Total $\text{me}/100\text{ soil}$	$\text{Na}^+$ $\text{me}/100\text{ soil}$	$\text{K}^+$ $\text{me}/100\text{ soil}$	$\text{Ca}^{++}$ $\text{me}/100\text{ soil}$	$\text{Mg}^{++}$ $\text{me}/100\text{ soil}$	%	%	%		
菜 寮 溪 域	1.	南化國中	惡地土	4.44	100	1.09	24.5	0.43	97	2.32	52.3	0.60	13.5
	2.	"	惡地土(草)	4.28	100	1.57	36.7	0.21	49	1.89	44.2	0.61	14.3
	3.	心仔寮	惡地土	4.15	100	0.68	16.4	0.46	11.1	2.33	56.1	0.68	16.4
	4.	菁埔寮	惡地土	8.10	100	5.04	62.2	0.41	51	2.37	29.3	0.28	3.5
	5.	"	惡地土(草)	0.46	100	0.04	8.7	0.08	11.4	0.26	56.5	0.08	17.4
	6.	內園子林西	惡地土	3.89	100	2.13	54.8	0.19	4.9	1.22	31.4	0.35	9.0
	7.	二寮村	惡地土(下層)	7.41	100	5.48	74.0	0.27	36	1.25	16.9	0.41	5.5
	8.	"	惡地土(上層)	1.76	100	0	0	0.09	51	1.49	88.7	0.18	14.2
	9.	內庄子	惡地土不整合面 上0.5m	5.77	100	2.26	37.2	0.15	26	2.94	51.0	0.42	7.3
	10.	"	惡地土不整合面 上1.0m	1.44	100	0.13	9.0	0.11	76	1.10	76.4	0.10	6.9
	11.	"	惡地土不整合面 上1.5m	1.54	100	0.04	2.6	0.07	45	1.28	82.1	0.15	9.7
	12.	"	惡地土不整合面 上2.0m	0.90	100	0	0	0.10	11.1	0.79	87.8	0.01	1.1
	13.	左鎮東1km	惡地土	2.28	100	0.57	25.0	0.06	26	1.47	64.5	0.18	7.9
	14.	菜寮	惡地土(下層)	5.24	100	3.35	63.9	0.28	53	1.87	24.2	0.34	6.5
	15.	菜寮	惡地土(上層)	1.74	100	0.44	25.3	0.10	57	0.97	55.7	0.23	13.2
	16.	新竹	惡地土	1.69	100	0.04	2.4	0.13	27	1.17	69.2	0.35	24.7
	17.	曾文溪橋下	沉積土	3.08	100	0.04	1.3	0.17	55	2.47	82.2	0.40	13.0
二 化 溪 域	18.	木柵北0.7km	惡地土	4.51	100	0.51	11.3	0.22	49	3.35	74.3	0.43	9.5
	19.	馬山頭	惡地土	8.45	100	4.35	51.5	0.32	38	3.43	44.6	0.35	4.1
	20.	"	惡地土(草)	2.39	100	0.04	1.7	0.21	88	1.59	79.7	0.45	18.8
	21.	旗山水和里	惡地土	5.29	100	1.44	27.2	0.26	49	3.10	58.6	0.49	9.3
	22.	古亭坑	惡地蕉田土	8.04	100	3.09	38.4	0.27	34	3.68	45.8	1.00	12.4
	23.	田寮鄉月世界	惡地土	9.08	100	5.86	64.5	0.56	62	2.18	24.0	0.48	5.3
	24.	"	惡地蕉田土	2.47	100	0.04	1.6	0.19	77	2.08	84.2	0.19	7.7
	25.	崇德小1A	惡地質泥土	18.43	100	15.80	85.7	0.64	35	1.78	9.7	0.21	1.1
	26.	崇德小灌水	惡地土	7.83	100	4.36	55.7	0.40	51	2.56	32.7	0.51	6.5
	27.	"	惡地風化土	3.63	100	1.34	36.9	0.12	33	1.87	51.5	0.30	8.3
	28.	崇德村	惡地牧草田土	3.21	100	0.26	8.1	0.12	37	2.64	82.2	0.19	5.9
	29.	石碑	惡地土	9.74	100	5.86	60.2	0.66	68	3.02	31.0	0.20	2.1
	30.	龍船	惡地土	6.54	100	3.10	47.4	0.34	52	2.69	41.1	0.41	6.3
	31.	關廟~龍崎間	惡地土	5.54	100	0.44	7.9	0.43	78	3.35	60.5	1.32	23.8
	32.	關廟固中後山坡	惡地土	7.50	100	3.26	43.5	0.30	40	3.28	43.7	0.66	8.8
	33.	五甲村南5km	惡地土	2.48	100	0.48	19.4	0.12	48	1.52	61.3	0.36	14.5
	34.	大崎頭	惡地土	8.58	100	5.04	58.7	0.29	34	2.88	33.6	0.37	4.3
其他	35.	玉井	惡地土	4.04	100	0.69	11.1	0.32	79	2.43	60.1	0.60	14.9
	36.	玉井(五甲驛碑去處)	第四紀風化土	2.10	100	0.86	41.0	0.12	57	0.80	38.1	0.32	15.2

質養分均有偏低或甚低的現象，而交換性鉀為中等或略高。因缺磷，且含鹽分高，致草木難生。

#### E、土壤中交換性鉀、鈉、鈣、鎂等鹽基交換能量的分析：

(1)土壤膠體中所吸着的陽離子，稱為交換性陽離子，主要有  $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}^+$  等，其中以  $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{++}$  四項的含量比例，對土壤的結構和保肥力影

響最大，故特將惡地地區的土質就這四項分析。依美國農業部之報告，構成問題土壤必須具備有下列三個條件：

A、電導度 $>4 \text{ mmhos/cm}$ (at 25°C), 交換性Na+<15%, 土壤pH值<8.5時, 則為鹽土(Saline soil)。

B、電導度 $>4\text{ mmhos/cm}$ (at 25°C)，交換性Na<sup>+</sup> $>15\%$ ，土壤pH值很少高於8.5時，則為鹽鹼土(Saline Alkai soil)。

C、電導度 $<4\text{ mmhos/cm}$ (at 25°C.)，交換性  $\text{Na}^+ > 15\%$ ，土壤 pH 值在 8.5~10 之間，則為無鹽的鹼土 (non Saline-Alkali soil)。

據此分類，菜寮溪與二仁溪流域之土質則以鹽鹼土占絕大部分。照理，鹽鹼土多生於乾燥地區，或因地形低窪，排水不良，鹽分聚積而成的；然而本區雨量尚豐，且多半是丘陵地形，除河谷外，一般排水尚佳，並不適宜鹽鹼土的發育，故本區土質的鹽性和鹼性，乃基於青灰色泥岩之母質，而知這泥岩層的形成，賴於相當時期的海水入侵或海相沉積。

(2)由交換性  $\text{Na}^+$  含量的分佈觀之，土壤的橫剖面關係小；本身上下層的垂直剖面之變化大。凡是長有草木或作物者，其  $\text{Na}^+$  含量必低，上層土壤亦較下層為低。充分顯示雨水的淋洗作用。其他鈣、鎂、鉀的分佈亦然。

(3) 綜上土壤因素觀之，本研究區內惡地土質緻密，透水性欠佳，地表多逕流；加以鹽分重， $\text{pH}$ 值太高妨礙作物正常的新陳代謝，草木難以滋長， $\text{Na}^+$ 含量太高，土粒分散，不易形成良好結構，致土質脆弱，覆蓋少，冲刷嚴重，易成惡地。

### 三、氣候因素

綜觀世界惡地之分佈，大都處於乾燥或半乾燥地區，特別是雨量有明顯的季節差異者，由於長期乾旱之後的突然暴雨，土壤的冲刷劇烈。本區的氣候特徵為冬夏氣溫均高，日照強，蒸發大，乾濕季節分明，且乾季長，全年乾月大於濕月，對成土作用中的鹽化作用大有助益，加以雨季短（全省全年雨日最短者，臺南僅 109 日），降雨強度大，對剛化育之土壤或剛立足於表土上生長的植物，冲刷殆盡，促使泥岩大塊崩壞，崎嶇難行。

#### 四、其他因素

惡地形成的因素除上述的地質、土壤、氣候等自然因素外，有一些人文因素，其中以農墾或放牧的過盛，易造成土壤的流失，而這種景觀在本研究區內到處都可發現。尤其是牧羊過盛，羊好吃草類，其所到之處，草根盡毀，土壤最易暴露，冲刷甚烈。其次是濫墾，本來在典型惡地區的古亭坑層上部尚覆有一層第四紀洪積世或沖積世的風化土，透水性佳，利於耕作，但土層較分佈於台灣北部者為薄，而這層唯一可耕

作的冲積土，却在農民不善的耕作下，幾乎破壞殆盡，致泥岩出露，河水下蝕、側蝕強，冲積土崩塌，基岩暴露更多，地勢更崎嶇。

此外，耕耘機帶入本區，將高度不大的泥岩山丘剷平，使坡度變小，減少冲刷，不失為惡地的剋星，另一方面局部的修築小型攔沙壩，增築排水系統，有效的加種銀合歡、鳳凰木和耐鹽鹹之作物，亦不失為增加植物覆蓋減少逕流的方法。

## 肆、結論

本研究以菜寮溪流域（左鎮以上）與二仁溪流域（崇德以上）所呈現之典型惡地，依地形計測，野外實察，土質化驗等成果，說明其特色，探究其成因，並與其他惡地互相比較，共得下列八點結論：

- (一) 由流域形態與河谷等級計測觀之，典型惡地區中，谷系與河系之比值，在總長、河谷密度、分歧點、各級河谷總數等各方面均較一般地區者為大，而分歧距則反之；至於上游谷系之1, 2, 3級的平均長却很短小在1km以下，而這些特徵，均可計量之。
- (二) 在二萬五千分之一地形圖上延長到V字形等高線所計測的典型惡地之水系長度，大於地形圖中之河系長 $2.5 \sim 3$ 倍，較接近實際大雨時之水系，亦較由五萬分之一地形圖上所量者為長。其水系呈樹枝狀，甚為緻密。
- (三) 典型惡地係標準的侵蝕地形，其平均坡度均在 $15^\circ$ 上下，而以 $15^\circ \sim 20^\circ$ 者最多；平均起伏量每 $0.25\text{ km}^2$ 內為 $60\text{m}$ 以上，其中以 $60 \sim 80\text{m}$ 者占最多；而本研究區之平均高度在 $100\text{m}$ 左右，起伏量與之相去不遠，顯見本區切割甚烈。其中菜寮溪流域之平均坡度( $16^\circ 40'$ )與每 $0.25\text{ km}^2$ 內之平均起伏量(77m)，又較二仁溪之平均坡度( $13^\circ 20'$ )與平均起伏量(63m)為大，顯示菜寮溪之切割較二仁溪為大；若以本研究區兩流域之坡度與起伏量，和其他惡地區相較，更見本研究區在短距離內，起伏特盛，侵蝕更烈，極具典型之惡地。
- (四) 由接峯面與接谷面圖觀之，本研究區的東西邊緣，等值線特密，呈明顯的東北、西南行之震旦方向，知本區地層受雁行狀構造與斷層所控制，其中心分別為龍船斷層與石門斷層。
- (五) 本研究區位於岩層變位劇烈之處，地層鬆弛，每易崩塌，加以泥岩、頁岩本身緻密，透水不佳，每逢暴風狂雨之際，地表逕流多，冲刷劇烈。
- (六) 本研究區內惡地土質緻密，透水性欠佳，地表多逕流，加以鹽分重，pH值太高妨礙作物的新陳代謝，草木難以滋長， $\text{Na}^+$ 含量太高，土粒分散，不易形成良好結構，致土壤脆弱，覆蓋少，冲刷嚴重。其流失之土壤分佈於嘉南平原一帶，與嘉南平原之粘盤土或鹽鹹土的成長是否有關，有待研究。

(七) 本研究區的氣候特徵為冬夏氣溫均高，日照強，蒸發大，乾濕季節分明，且乾季長，全年乾月大於濕月，對成土作用中的鹽化作用大有助益，加以雨季短，降雨強度大，對剛化育之土壤或剛立足於表土上生長的植物，沖刷殆盡。

(八) 今後為減少本區土壤之流失，最佳方式即減少暴露基岩的比高，適當的修建排水系統，攔沙壩與沿等高線種植耐鹹的植物，減少羊群的濫牧，如能控制土壤流失，則不難將本區之土質改良，一方面用水洗鹽，一方面加石膏或硫礦取代其中之  $\text{Na}^+$  而成良田。

## 謝 辭

本研究承蒙周昌夔和石再添兩位教授熱心指導；台灣肥料公司推廣處調查研究課王中立課長及全體課員協助土壤分析；吳信政、張瑞津兩位同學幫忙繪圖與校稿，師大地形考察隊全體隊員幫忙野外考察、採集土壤樣本；得以順利完成，謹此一併衷心申謝。

## 參考文獻

- 陳正祥 (Chen, C.C.) (1955) 台灣省通志稿土地志氣候篇，卷一：台灣省文獻委員會，pp. 1~84.
- Cotton, C.A. (1944) Geomorphology, an Introduction to the Study of Landforms : Christchurch, N.Z., Whitcombe and Tombs, p. 31.
- Davis, W.M. and Snyder, W.H. (1898) Physical Geography : Boston, Ginn, p. 303.
- Derruan, M. (1962) Precis de Geomorphologie : Third ed. Paris, Masson et Cie, pp. 1~413.
- Fay, A.H. (1920) Glossary of the Mining and Mineral Industry : U.S. Bureau of Mines, Bulletin 95.
- Gilbert, G.K. (1877) Report on the Geology of the Henry Mountains : Washington, Government Printing Office, p. 120.
- 徐鐵良 (Hsu, T.L.) (1971) 台南二仁溪上游的侵蝕地形：成功大學地球科學系系刊，第一期，pp. 19~24.
- 席連之、張守敬 (Hse, L.J. and Chaung, C.C.) (1958) 台灣農業要覽，土壤與肥料卷一：台灣省農林廳，pp. 26~46, pp. 128~135.
- Leopold, L.B. and Langbein, W.B. (1962) The Concept of Entropy in Landscape Evolution : U.S. Geol. Surv. Profess. Paper 500-A.
- 梁鉅榮、陳春泉等 (Liang, C.J. and Chen, C.C. et al) (1951) 台南縣之土壤：台灣省農業試驗所報告，第六號，pp. 1~190.
- 梁鉅榮、陳春泉等 (Liang, C.J. and Chen, C.C. et al) (1953) 高雄縣之土壤：台灣省農業試驗所報告，第十一號，pp. 1~199.
- 林朝榮 (Lin, C.C.) (1957) 台灣省的地形：台灣省通志稿，土地志，地理篇，台灣文獻委員會，卷一，第一冊，pp. 241~278.
- 林家棻 (Lin, C.F.) (1969) 本省現行之土壤肥力測定方法：台灣省農業試驗所講義，pp. 11~43.
- Richards, L.A. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils : U.S. Agriculture Handbook, no. 60, pp. 1~10.
- Scheidegger, A.E. (1961) Theoretical Geomorphology : Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1~333.

16. Scheidegger, A. E. (1975) The Algebra of Stream Order Numbers : U.S. Geol. Surv. Profess. Paper 525-B, pp. 187~189.
17. Schumm, S.A. (1956a) The Role of Creep and Rainwash on the Retreat of Badland Slope : Am. J. Sci., vol. 254 pp. 693~706.
18. Schumm, S.A. (1956b) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badland at Perth Amboy, N.J. : Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 67, pp. 597~646.
19. Schumm, S.A. (1964) Seasonal Variations of Erosion Rates and Processes on Hillslopes in Western Colorado : 2. Geomorphol., Supplementband 5, pp. 215~238.
20. 石再添(Shih, T.T.)(1963) 台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。
21. 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.
22. 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.
23. 石再添(Shih, T.T.)(1971) 陽明山管理局區域的地形計測：中國地理學會會刊，第二期，pp. 19~24.
24. 石再添(Shih, T.T.)(1972) 台灣西南部惡地的地形學計量研究：台灣文獻，第23卷，第一期，pp. 1~36.
25. 吳建民(Wu, C.M.)(1967) 台灣西南部泥岩地區冲蝕問題之研究兼及台灣西南部水庫之泥沙問題：台灣省政農林廳山地農牧局，水土保持叢書之九，pp. 1~54.