

泥岩惡地地景保留區之研究

計畫主持人：王 鑫

研究人員：王 鑫 馮治華 許玲玉 林明璋

工作人員：濮方正 朱慶昇 吳芳豪 林胤佐
許琇娟

行政院農業委員會合作計劃
台灣大學地理學系

中華民國七十七年六月

目 錄

一「惡地」的分布	1
(一)「惡地」的定義	1
(二)台灣本島「惡地」的主要分布區域	1
二「惡地」發育的背景環境	2
(一)地質	2
1. 南部泥岩地層概述	2
2. 東部泥岩地層概述	4
3. 泥岩的工程性質	6
(二)氣候	14
1. 主要氣候因子特徵	14
2. 生理氣象指數	22
(三)地形	23
1. 「惡地」的地形景觀	23
2. 「惡地」的地形作用	26
三「惡地」地形景觀調查	32
(一)調查方法	32
1. 航照判讀	32
2. 野外調查	34
(二)調查成果	34
1. 南部地區的惡地	34
2. 東部地區的惡地	45
四惡地地景保留區的經營管理	51
(一)惡地地景保留區的價值	51
(二)惡地地景保留區的經營管理	51
1. 保留區的分類	51
2. 保留區土地管理的一般原則	53
3. 惡地地景保留區的管理方法	53
參考文獻	55

圖 目 錄

圖 1：南部地區泥岩地層分布圖.....	2
圖 2：東部地區泥岩地層分布圖.....	4
圖 3：泥岩不連續面的粗糙性影響抗剪強度圖.....	11
圖 4：各測站降雨量、蒸發量分布圖.....	18
圖 5：九種坡形示意圖.....	30
圖 6：建議之南部泥岩惡地地景保留區位置圖.....	35
圖 7：東部地區「惡地」景觀調查區位置圖.....	45

表 目 錄

表 1. : 地層比對表.....	3
表 2. : 泥質岩層分類表.....	7
表 3. : 泥岩的主要礦物組成表.....	8
表 4. : 旗山地區泥岩的物理性質.....	10
表 5. : 旗山地區泥岩的力學性質.....	11
表 6. : 風化作用對泥岩的影響.....	13
表 7. : 各測站氣溫資料.....	15
表 8. : 各測站的日照資料.....	16
表 9. : 各測站的蒸發量月平均值.....	17
表 10. : 各測站降水量月平均值.....	20
表 11. : 各測站相對溼度資料.....	21
表 12. : 舒適度指數代號.....	22
表 13. : 舒適度指數.....	23
表 14. : 泥岩惡地景觀品質潛力指標.....	33
表 15. : 景觀屬性.....	35
表 16. : 南部地區泥岩惡地之區域調查表.....	36
表 17. : 建議之南部泥岩惡地地景保留區.....	39
表 18. : 東部地區泥岩惡地景觀調查表.....	46
表 19. : 建議之東部泥岩惡地地景保留區.....	50

一、「惡地」的定義

(一)「惡地」的定義

「惡地」(badland) 是指地表遭受強烈侵蝕，出現無數深峻相鄰的溝谷，而導致崎嶇難行，且不易作為農業土地利用的地區。「惡地」的主要特徵是：他們具有非常細緻的水系網路 (drainage network)，短而陡急的坡，狹窄的河間地 (interfluves) 和童山濯濯草木難生的景觀。

(二)台灣本島「惡地」的主要分布區域

惡地地形主要分布在泥岩區內。泥岩由於顆粒細小，而且顆粒間的膠結十分疏鬆，因此沖蝕狀況十分嚴重，泥岩的透水性低，遇水立即變得十分軟滑，順坡下流，因此山坡表面上充滿了蝕溝和雨溝，嚴重的沖蝕及植生貧乏的現象，使得這種地形不僅童山濯濯而且交通艱難，遂形成了「惡地地形」。

台灣本島厚層泥岩的分布主要在曾文溪以南的台南縣及高雄縣境內，呈一狹長地帶，沿北北東方向分布；台東市台東大橋以北的地區，泥岩層也呈狹長帶狀，分布在卑南大溪的東側，向北延伸到玉里的東方。恆春半島的墾丁一帶也有泥岩分布。台南、高雄的泥岩地層稱為古亭坑層 (或南化泥岩)；台東縣的泥岩地層稱為利吉層；恆春附近的泥岩層稱為墾丁層。這三個地層單位的岩性相近，但是只有古亭坑層分布最廣而且夾雜的岩塊很少，所形成的「惡地」發育最好，分布也最遼闊，墾丁層所形成的「惡地」則分布範圍最小。因此本研究的調查範圍以古亭坑層及利吉層所形成的「惡地」分布地區為主。

二、「惡地」發育的背景環境

(一) 地質

1. 南部泥岩地層概述

台灣南部地區的泥岩地層分布在官田—新化—關廟—岡山—線以東與玉井—南化—旗山—線以西的西部麓山帶（參見圖1）。它們是由厚層的青灰色泥岩系組成。這一個泥岩系在舊的文獻裏被稱為古亭坑層，耿文溥（1981）則稱之為南化泥岩。地層間的對比參見表1。

南化泥岩廣泛地分布在台南縣和高雄縣境內，北起玉井，南迄燕巢，南北長約三十五公里，東西平均寬約八公里，面積約二百八十平方公里，佔台南以東丘陵區總面積之半。這個泥岩層大致上呈塊狀結構，岩性單調，層理很難辨認，只有在砂岩夾層出現的地方才能夠看清層面。泥岩風化後易受雨水沖刷侵蝕，呈現出標準的惡地地形。有時候凸鏡狀的細砂岩（混濁砂岩至亞混濁砂岩）層常夾雜在泥岩之中，這些砂岩呈淡灰色，略呈帶狀，厚度通常不超過五十公分。在某些地方，泥岩中還含有短而不純的石灰岩凸鏡體，厚度在二公尺到二十公尺之間。在石灰岩體完全尖滅以前，總是先漸變成石灰質砂岩。

這個泥岩系從地下到地面以上加起來的總厚度將近五千公尺。它的底部是厚層塊狀細粒亞混雜砂岩，局部為長石質，有時為粉砂岩。砂岩結構疏鬆，可用手指捻碎，所以常常會造成峽谷及峭壁。每層砂岩厚數公尺至十餘公尺。其中夾有薄層砂岩及頁岩互層。砂岩常呈凸鏡狀，極易尖滅。這個底部砂岩層的總厚度在一百公尺以上，整合在錦水頁岩之上。泥岩層的中部是塊狀青灰色至暗灰色泥岩，是構成南化泥岩的主體。泥岩岩質疏軟，雨季時在泥岩面上沖刷成許多溝壑，形成「惡地」。這是泥岩層在地形表現上的特色。在泥岩分布地區內，植物生長困難，並因受雨水衝擊及漫地流之沖蝕破壞，山坡地表層不斷崩落，成為水土保持上的嚴重問題。泥岩層中常夾少量薄層砂岩或粉砂岩，且時與泥岩成薄條帶狀緊密互層，薄層砂岩類大多延展不遠即告尖滅，少有超過一百公尺以上的。這是泥岩層在沈積上顯著的特徵。泥岩層的上部是砂岩及泥岩的互層，這是南化泥岩與其以上之關廟層（以砂岩為主）間的過渡層。互層的砂岩為

表 1：地層比對表

臺南以東丘陵區 (本文, 1981)	甲 仙——旗 山 (耿文溥, 1967)	嶺 口 附 近 (孫習之, 1965)	竹 頭 崎 構 造 (張錫齡, 鍾振東, 1957)	六重溪——阿里山 (張麗旭等, 1957)
嶺口礫岩 (40-80)	龍 肚 層 (30-100)	嶺 口 礫 岩		
六 龜 層 (1000±) 或 關 廟 層 (1800+)	六 龜 層 (300-1000)	石 尖 段 鷄 南 山 砂 岩 段		嶺 崙 山 層
南化泥岩 (2300+) 或 南勢崙砂岩 (1000+)	內 門 層 (2300+)	古 亭 坑 層 或 南 勢 崙 砂 岩	? 鏡 面 砂 岩 (300+)	卓 蘭 層 (2700)
錦水頁岩 (300-1000)	錦 水 頁 岩 (1000±)	蓋仔寮頁岩 (255-865)	北寮頁岩 (1200+)	錦 水 頁 岩 (500)
大窩細砂岩 (800+) 或 八張犁層 (850+)	八 張 犁 層 (1000+)		竹頭崎層 (400-750) 茅埔頁岩 (300-400) 隘寮脚層 (400-500)	大窩細砂岩 (900)
十六份頁岩 (350)	十 六 份 頁 岩 (320)		鹽水坑頁岩(200-250)	十 六 份 頁 岩 (200)
南勢坑層 (700)	南 勢 坑 層 (700)		糖恩山砂岩(450-500)	關 刀 山 砂 岩 (400-800)
石 內 層 (1000+)	石 內 層 (1400)	烏 山 層 (1360)	長 枝 坑 層 (750+)	南 庄 煤 系 (1000-1300)
	連 邦 層 (600+)			南 港 層 (1050)
	樟 山 層			

薄層至塊狀厚層，細粒，灰色至黃棕色，岩性鬆軟。其中夾有石灰岩三層，露出在木柵向斜的兩側。這個厚而單調的泥岩系對南部上新世的地層和構造研究引起不少困擾。根據最近古生物學的研究結果，這一個泥岩系的下部可能已經進入中新世的上部。

南化泥岩主要屬於上新世的巨厚泥質岩層，大部份是由粉砂及粘土組成。砂岩量微，且泥岩全屬塊狀而無層理，同時泥岩中底棲性生物化石不豐。這些都指示它是較深海中迅速堆積的沈積物，可能是沈積在台灣次等地槽內坡度較大，海水較深的環境中。南化泥岩中罕見原地或外來岩塊。唯一顯著的例外是旗山西方的銀錠山（又名馬頭山）是由細粒塊狀長石質砂岩構成，長約 300 公尺，突出周圍泥岩之上。其餘則為與泥岩同時沈積之薄層砂岩（周瑞燉，1971）。在南化泥岩分布的廣大面積中，除此處外，均未見有外來岩塊。南化泥岩沈積物的來源，推測來自北北東方，因本層底部的原石英砂岩只在本區東北部出露；同時本岩層中所夾少量砂岩薄層，自北而南逐漸減少，以致幾近於無。在台灣西南部出露之最老地層為達邦層，由此中新世中期地層以迄上新世晚期之南化泥岩間，所有沈積物皆較台灣北部同期者為細，此一事實說明中新世中期以來，台灣西南部的古地槽海水較深，而且距離沈積物的來源地（古陸）較遠。

2. 東部泥岩地層概述

利吉層廣泛地分布在海岸山脈的南端，自台東市附近沿著海岸山脈的西緣向北延展約七十公里，直到安通溫泉附近的樂合（參見圖 2）。本地層名稱首先是徐鐵良（1956）調查海岸山脈地質時所提出來的，它的標準出露地點在台東市東北方約八公里的利吉村。

構成利吉層主體的是一巨厚的泥質沈積物，在未經擾動之前，這些泥質沈積物應該是「弗立西相」沈積，「弗立西相」是指在地槽中比較深水的環境下，由濁流沈積的砂岩和頁岩或泥岩所構成的交互層。這種泥岩物質的顏色通常是灰色到深灰色，局部出現粉紅色、棕色和綠色。一般說來，利吉層的泥岩在乾燥時呈現淺灰色，潮溼後則呈現深灰色。

利吉層內的泥岩呈非常混亂的狀態，有複雜的錯動和剪移，而且缺乏明顯的層理。有時在露頭比較好的地方可以看到大致的層理。這種層面常和剪裂面

的方向一致。所有的似面狀構造現象的排列方向則常隨地而異，但是一般傾度都相當陡而且略呈南北走向。

利吉層有一個顯著的特徵，就是在它出露的地方常形成惡地地形，這種地形主要是利吉層中的黏土質泥岩岩性所造成。另外一項特徵，是在利吉層泥質物質所形成的緩起伏的山坡上散亂分布著許多大小不一的「節瘤」，這些「節瘤」是由較堅硬、抗蝕力較強的岩塊所形成，突立在緩起伏的山坡地上，形成一個一個孤立的小山丘，在地形上很明顯。而這些「節瘤」都是利吉層泥質物中所夾的外來岩塊露出的部份。這些岩塊種類繁多而大小不一，使得利吉層成爲一個複雜紛亂的非均質岩體。由於這種紛亂的現象，地質學者以爲利吉層是一個標準的混同層，所謂混同層是一個不均勻的混合岩層，以曾經通體磨裂的泥質填充物爲主，夾雜是原地的或外來的許多不同岩塊。定義內並沒有指出它是如何造成的。

因爲利吉層與一般的沈積岩層在某些方面有顯著的差異，因此引起許多地質學者的注意。關於本岩層的成因，許多地質學者都曾發表過不同的意見（Biq, 1965, 1969, 1971; Chai, 1972; Tahn, 1972; Liou et al, 1976; Page, 1974; Wang and Chen, 1966; Yen, 1975），一般比較被接受的說法認爲利吉層可能是大規模的海底山崩或滑移作用所造成的。當海岸山脈沈積盆地的邊緣不斷劇烈上升的時候，大量的荷重配合著軟弱而具有潤滑性的粘土物質就沿著海底的斜坡開始崩落到盆地中去。大小不等的沉積岩或火成岩塊也捲進粘土質填充物中隨著崩落進入利吉層的沉積槽中，造成粘土質岩層內的外來或本地岩塊。崩移作用可能重覆好幾次，而這些重覆的滑移作用不斷的影響著利吉層的沈積物，結果就造成今日我們所能看到的混亂的泥質岩體或混同層。

夾雜在利吉層中的岩塊有的是屬於新第三紀海岸山脈中原來的岩層，在沿著斜坡所發生的崩移運動中被捲入粘土質填充物中，然後一起向下滾動所造成的。外來岩塊中的基性和超基性火成岩塊可能有不同的來源，它們可能屬於來自海洋地殼或上部地函的蛇綠岩系。根據最新的板塊構造學說，對混同層的成因又有另一種解釋。混同層並不僅僅是由重力滑落所造成的沈積物，這種由海底重力滑動爲主所成的沈積物通常名叫傾瀉層。目前許多學者都相信這受過劇烈擾動而且雜亂無章的混同層是在下降板塊邊緣或地殼隱沒帶附近發生的大變

動所造成的。這些沈積物被認為是標準的海溝沈積物，而且是一種濁流沈積物，具有許多剪裂面。組成外來岩塊的蛇綠岩系代表海洋地殼或上部地函物質的碎塊。當兩個板塊在海溝互相衝撞的時候，這些蛇綠岩塊就從海洋地殼刮削出來混入由濁流所組成的沈積物之中。在隱沒作用的早期，下降地塊或上衝地塊底部的蛇綠岩系就被剝離原來的板塊而被削落成堆，接著所發生的隱沒作用使這些岩塊受到擠壓而上升，再和海溝中的泥質填充物混合在一起而造成混同層。在下降板塊邊緣見到的蛇綠岩系和混同層是在世界上其他造山帶中常見的現象。根據板塊構造學說，利吉混同層被認為是海岸山脈西移而和臺灣島的主要部份相衝撞時所造成的。

利吉層中沈積物滑瀉堆積的時間可能發生在更新世早期或是上新世晚期。因為利吉層上下的地層都沒有很清楚的出露，目前無法確定是什麼時候發生的。可是利吉層本身所含的泥質填充物和外來岩塊則代表另外一個較早的時代，從它們所含的化石可知其時代是從上新世到中新世，或許還有更早的時代包括在內亦未可知。

由於利吉層曾受到劇烈的擾動，喪失了原來的沈積結構，因此很難從層位上去估計它的厚度。目前的估計，是以中油公司在猴子山附近所鑽的一口井為依憑（孟昭彝和江新春，1965），這口井在利吉層的泥質岩層中鑽進 1056 公尺，尚未到達基盤，這顯示利吉層的厚度最少有 1000 公尺左右。同時探測井在不同的層位中遇到很多沒有根的基性火成岩和砂岩礫塊，這些則可以說明夾雜在利吉層泥質填充物中間的岩塊是無根的外來岩塊（何春蓀，1975）

3. 泥岩的工程性質

(1) 泥岩的主要組成礦物：

泥岩是一種沈積岩，它是由細小的岩石碎屑組成，組成顆粒的粒徑在黏土或粉砂範圍內（小於 $63 \mu\text{m}$ ）。依據 Stow（1981）的定義，泥岩是指該岩石的組成中 50 % 以上的顆粒屬於砂質碎屑岩，而且顆粒徑 50 % 以上均小於 $63 \mu\text{m}$ 者。他並且依據泥質岩層的岩性、組織、成份等因素細分各種泥質岩，如表 2 所示。

根據 X 光繞射法的分析，得知本省南部地區泥岩的礦物組成相當均一（周瑞燉，1971），主要是由粉砂顆粒的石英及 35 ~ 70 % 的黏土礦物組成，黏土粒徑小於 5 微米（王源，1970）。黏土礦物以伊來石及綠泥石為主，蒙脫

表 2：泥質岩層分類表

分類依據	組織成份	岩石名稱	
		不具頁理岩層	具頁理岩層
顆粒大小 { <ul style="list-style-type: none"> 粉砂 64-4 μm 泥 < 64 μm 黏土 < 4 μm 	<ul style="list-style-type: none"> $\frac{2}{3}$以上顆粒為粉砂 粉砂及黏土組成 $\frac{2}{3}$以上顆粒為黏土 	粉砂岩 泥岩 黏土岩	粉砂質頁岩 泥質頁岩 黏土質頁岩
組織特性	<ul style="list-style-type: none"> 10.%以上顆粒，大於 2 mm 10.%以上顆粒，介於 2 - 0.064 mm 10.%以上顆粒，介於 64-4 μm 10.%以上顆粒 < 64 μm 10.%以上顆粒 < 4 μm 	礫 砂 粉砂 泥 黏土	質 質 質 質 質
膠結物質	<ul style="list-style-type: none"> 10.%以上為碳酸鈣 10.%以上為二氧化矽 10.%以上為有機碳 1 ~ 5 % 微量物質 	鈣 矽 碳 鐵質、雲母質等	質 質 質 質

表 3：泥岩的主要礦物組成表（王 源，1970）

礦 物 名 稱		含 量	主 要 性 質
石英		估計在20.~30.%以上。	在泥岩中多以粉砂顆粒大小並呈稜角狀存在，極少數成黏土顆粒狀。
黏土礦物	伊來石 綠泥石 滑潤石（蒙脫石） 高嶺土、石膏及石英	約佔黏土礦物的50% 約佔黏土礦物的35% 約佔黏土礦物的5% 約佔黏土礦物的10%	泥質岩層分布區的黏土礦物極大部份為沈積黏土，因為野外泥岩露頭觀察到的風化層極薄，平均僅30.~50.公分，以致於風化作用產生的黏土礦物所佔的比例極少。
方解石			在泥質岩層中可能成帶狀石灰岩或結核狀團塊出現。出露於內門附近的石灰岩層估計厚度為10.~20公尺，共有兩層，為灰白色或稍帶黃灰色之塊狀多孔質石灰岩，富含貝類、珊瑚及有孔蟲化石。
石鹽、石膏			泥岩露頭於乾季時表面有白色的點狀物分布即為石鹽或石膏
重礦物	柘榴石、磁鐵礦、鈦鐵礦較常見	約1.1%	顆粒徑自0.03~1.22公厘左右，但是多數為極細粒到細粒。
黃鐵礦		約0.5%	在風化過程中，具有顯著的氧化作用。

石、高嶺土及石膏次之。主要礦物的含量及性質，參見表 3。

(2) 泥岩的物理性質：

泥岩的物理性質列如表 4（以旗山地區為採樣區）。其中視比重即總體密度，表示出岩樣或岩體的單位重量。真比重為組成顆粒的實際單位重量，所以其值較視比重為大，平均約 2.5，成分的一致使得泥岩的真比重非常均一（周，1971）。

由現世沈積物的研究得知泥岩層在最初沈積時孔隙率達到 70 ~ 80 %（Trask，1931），而且孔隙率與當時沈積環境的鹽度成正比關係（Helting，1969）。經過壓密成岩作用之後，鹽份減少，孔隙率也漸減，但是在不同條件下生成的泥岩，孔隙率會有很大的差異。另外，泥岩的孔隙率也因為黏土礦物的存在而增加複雜性。存在於黏土礦物結構中的水分子及黏土顆粒表面所吸附的水分子都不能自由移動，無法構成孔隙的一部份，而且黏土礦物的存在使得泥岩孔隙形狀常呈長裂狀（Borst，1982）。因此 Blatt 等（1972）認為泥岩的孔隙率是岩體含自由水或易流動水總和的空間所佔全部體積的百分比。依此定義，泥岩孔隙率非常接近有效孔隙率。泥岩孔隙率與壓密程度，地質年代及地層所處的深度呈反比關係（Cripps and Taylor，1981）。南部泥岩地區測得粉砂岩及混濁砂岩的孔隙率平均為 15 ~ 18 %，有效孔隙率較低，平均約 14 %（周，1971）。

旗山地區泥岩的含水比平均約 4 %，因為泥岩顆粒細、孔隙率小、膠結疏鬆，因此雨水撞擊泥岩時，容易侵蝕表層而不易滲入，以致含水比很低。泥岩在岩化作用的過程中，它的含水比會逐漸減少。Burst（1969），指出泥岩在沈積時含水比約 70 ~ 90 %，經過上覆沈積物（1000 公尺以上）重壓以後含水比降至 30 %。而後以溫度因素的影響最大，在 100 °C 的情況下，含水比再減少 10 ~ 15 %。以後含水比主要仍受溫度因素影響，但所需的時間可能要數十至數百年，才會使泥岩含水比達到穩定的狀態。

沈積物的淘選程度與黏土顆粒的排列、沈積速率、沈積環境的鹽度、礦物組成及有機物含量等均有密切關係（Borst，1982）。南部地區泥質岩層之淘選作用多數為中度至中上程度，當岩性不同或深度不同時會有些微差異（周，1971）。

表 4：旗山地區泥岩的物理性質（周，1971）

取樣位置 (井號)	樣本數量	視比重			真比重			有效孔隙率(%)			孔隙率(%)			含水比(%)		
		極大值	極小值	平均值	極大值	極小值	平均值	極大值	極小值	平均值	極大值	極小值	平均值	極大值	極小值	平均值
臺南 (TN-1)*	11	2.41	1.95	2.18	2.81	2.32	2.53	16.8	6.8	12.01	20.87	10.30	15.40	—	—	—
中洲 (CC/1)*	8	2.30	1.93	2.13	2.66	2.39	2.50	19.13	8.63	14.58	25.68	8.44	17.24	—	—	—
龍船斷層西側* (關廟剖面)	20	2.28	1.68	1.94	2.54	2.09	2.35	27.41	5.67	17.63	23.31	11.95	17.33	—	—	—
龍船斷層東側* (關廟剖面)	6	2.39	1.9	2.14	2.51	2.24	2.4	20.97	1.96	11.20	39.69	5.30	18.07	—	—	—
龍船斷層東側* (長潭剖面)	11	2.31	1.84	2.11	2.65	2.35	2.50	21.7	5.0	15.62	—	—	—	—	—	—
領項村 (C-2)	5	2.43	2.37	2.39	2.54	2.42	2.48	—	—	—	9.07	5.58	7.33	4.74	3.52	4.02
銀鏡山 (C-3)	3	2.53	2.40	2.47	2.65	2.50	2.58	—	—	—	13.29	5.00	9.15	4.22	3.7	3.99
中鹿埔 (C-4)	6	2.35	2.29	2.33	2.60	2.49	2.55	—	—	—	14.69	9.35	10.86	7.67	3.25	4.84

(3)泥岩的力學性質：

以南部旗山地區的泥岩為例，雖然因為它的層位關係、沈積物來源、沈積環境、成岩作用及岩石組織等各種條件都相當一致，致成泥岩整體均一的現象；但仍有一些因素可能影響它的力學性質（表 5）。泥岩的礦物組成中，石英、碳酸鈣、黏土礦物及有機質等含量對其力學性質的影響非常顯著。從試驗結果得知，石英或碳酸鈣含量多的泥質岩層，頁理較不發達（Ingram, 1953）；相反的，黏土礦物、雲母礦物及有機質含量愈多，則頁理愈發達。另外，泥質岩石的抗壓強度及抗剪強度也與存在於其中的石英或碳酸鈣含量成正比關係（Price, 1960；Anderson and Richards, 1981）；而其與泥岩中黏土的含量多寡則大致成反比的關係（Burnett and Fookes, 1974；Cripps and Taylor, 1981；Ooight, 1973）。

不連續面的分布狀況，在岩體的力學性質上佔極重要的地位。雖然不連續面在均質泥岩層中不很發達，但是在野外仍可觀察到厚層泥岩中因夾有薄層砂岩、粉砂岩、風化面或因成份的不同而構成的不連續面。此外，泥岩中的節理也不發達，即使出現也不很清晰。存在於泥岩中的不連續面可使原先緊密的岩石成為具有類似土壤的性質。不連續面的抗剪強度受表面粗糙程度及正應力的控制，如圖 3 所示（Cripps and Taylor, 1981）。

表 5：旗山地區泥岩的力學性質（周，1971）

井號	深度 (m)	單壓強度 (kg/cm ²)	靜態彈性模數 (10 ⁴ kg/cm ²)	靜態包生比	動態彈性模數 (10 ⁴ kg/cm ²)	動態剪力模數 (10 ⁴ kg/cm ²)	動態包生比	縱波速度 (m/sec)	剪力波速度 (m/sec)	巴西人法抗張強度 (kg/cm ²)	點荷重法	
											點荷重指數 (kg/cm ²)	單壓強度 (kg/cm ²)
#2	7.71~7.96	136.94	3.09	0.48	8.54	3.35	0.277	2,082	1,157	3.86	8.50	204.00
#2	9.00~9.28	167.41	3.86	0.35	10.75	4.49	0.197	2,182	1,340	6.52	11.31	271.44
#2	13.39~13.74	149.04	2.79	0.38	8.37	3.23	0.295	2,153	1,160	18.08	6.88	165.12
#2	14.00~14.35	174.39	3.41	0.41	9.72	3.91	0.242	2,145	1,251	10.49	7.64	183.36
#3	8.06~8.27	—	—	—	—	—	—	—	—	16.25	—	—
#3	11.00~11.22	36.68	4.61	0.03	35.66	14.83	0.202	3,922	2,397	—	—	—
#4	3.00~3.30	65.15	1.10	0.23	7.01	2.79	0.257	1,886	1,078	—	3.06	73.44
#4	8.52~8.82	—	—	—	6.51	2.96	0.100	1,665	1,110	3.88	8.18	196.32

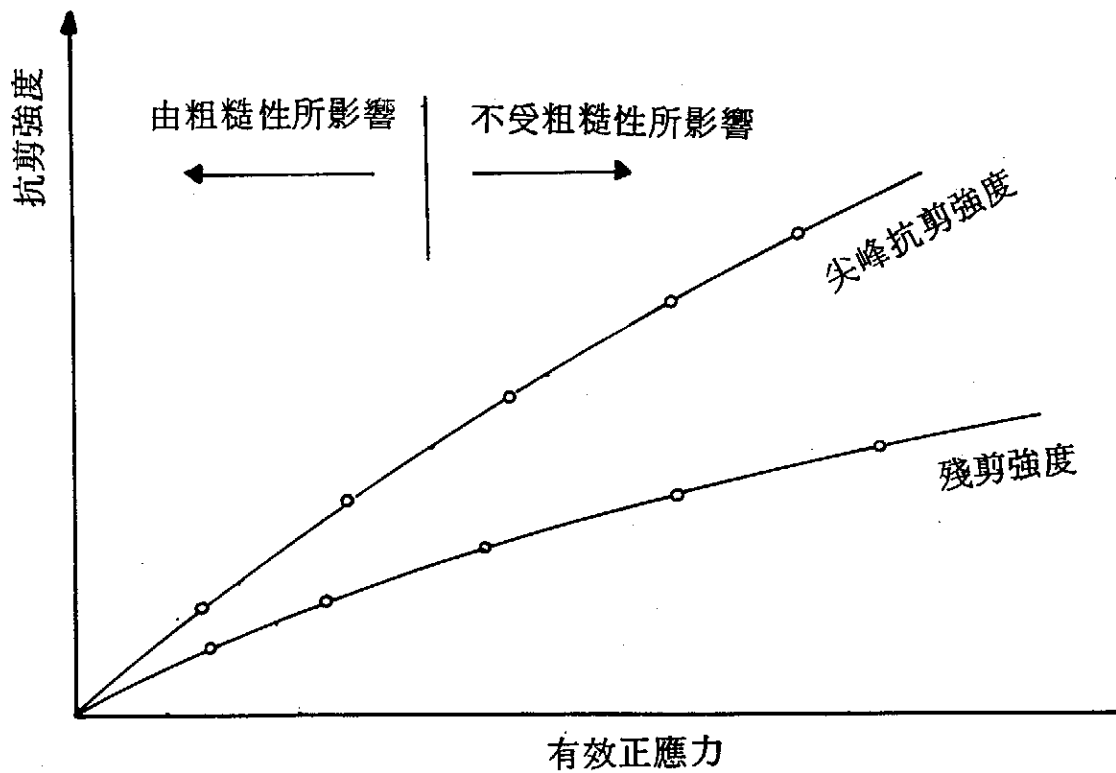


圖 3：泥岩不連續面的粗糙性影響抗剪強度圖

旗山地區泥岩的單壓強度（以長度與直徑比為 2.5 左右的試體進行試驗；平均含水比為 3.85，表示泥岩在乾燥狀況）平均值約為 121.6 Kg/cm^3 ，以長度與直徑比為 1.4 左右之試體做點荷重法試驗，其平均值約為 182.28 Kg/cm^3 。這種結果表示泥岩屬於極弱岩。泥岩的抗張強度平均值約為 9.85 Kg/cm^3 （試體長徑比為 0.9），以點荷重法得到的平均值約為 7.6 Kg/cm^3 （試體長徑比為 1.4）。泥岩抗張強度約為單壓強度的 12 倍。

(4) 泥岩的風化作用

泥岩的風化作用通常包括物理及化學方面的作用。物理作用是使岩體崩解成岩塊或岩屑。化學風化作用是指岩體礦物成份或岩體組織性質的改變。兩種風化作用常是同時進行的。

泥岩的風化作用只影響地面表層，很少深入岩體內部。這是因為泥岩的侵蝕作用強烈，而且惡地地形所形成的坡很陡，使表層風化的岩層不斷地被搬運移除而再度露出新鮮的岩層。由鑽井測得風化層厚度僅在距地表一公尺左右的深度。由於鑽孔都選在非常平坦的地點，所以這個厚度可能比泥岩風化層的平均厚度要大。泥岩的風化作用，不僅影響泥岩的礦物成份及基本物理性質，更是岩體外觀、組織、構造、力學及工程特性等性質的重要控制因素（表 6）。

(5) 泥岩的土壤性質

泥岩出露區土壤平均厚度不及一公尺；惡地地形發達的地區，露頭所見土壤厚度僅 30 ~ 50 公分。

南部土壤粒度據石再添（1972）分析，大多在 $\phi 5 \sim \phi 8$ ($1/128 \text{ mm} \sim 1/256 \text{ mm}$)，在美國農業部土壤分類中屬於坊質壤土和坊土，手觸之有鬆脆的感覺，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，其內夾有少許黏土，月世界附近的蔗田土含粘土較多，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。

土壤中 PH 值的變化並不顯著，南部泥岩地區中除塩水溪流域呈微酸性外，其他各流域都在 8 ~ 9 之間，表示成土母質大致相同，也就是成土因素中以母岩的控制為最主要的。但由垂直剖面觀之，位於土層上部者或因長有草木、或因風化作用影響，其 PH 值一般較下層底土為低，顏色也由青灰色轉為灰黃或淡黃。

表 6：風化作用對泥岩的影響

特 性	風化作用前後的差異	資 料 來 源
泥 岩 顏 色	與 Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值及有機物含量有關	Show (1981)
黏 土 礦 物	含量增加	陳培源 (1973)
細 粒 鐵 質 礦 物	氧化呈現褐色	Gallois and Horton (1981)
黃 鐵 礦	氧化後與鈣生成石膏	
碳 酸 鹽 類	溶 蝕	
綠 泥 石	穩定性降低	Evans and Adans (1975)
堅 硬 泥 岩	成爲軟弱黏土	Taylor and Spears (1981)
不 連 續 面	開口增大	Gallois and Horton (1981)
岩 石 組 織 鍵 合	破 壞	Cripps and Taylor (1981)
塑 性	增 加	
含 水 比	增 加	
	自 16%增至 30%	Chandler (1972)
抗剪強度	於 Upper Lias clay	自 200 KN/m ² 減至 63 KN/m ²
	於 London clay	減少 50%
應 力-應 變 關 係	變化顯著	Cripps and Taylor (1981)
彈 性 模 數	減 少	
有 效 凝 聚 力	可能減至 0 減少 93%	
		Spears and Taylor (1973)
有 效 摩 擦 角	減至 26° ($C'=0$)	Skempton (1970)
	減至 20°	
邊 坡 穩 定 角 度	減 小	Anderson and Richards (1981)

泥岩惡地地區的土壤，含可溶性塩份都很高，尤其是滾水坪的噴泥高達 105 mmhos/cm，位其東方的小型惡地的沈積土也在 4 mmhos/cm 以上。在南部泥岩地區的各流域，可溶性塩份含量的變化，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，因為雨水沖洗的原故，塩份含量低，由表層向下遞增，而以泥火山的噴泥為最高，這也顯示了本區的岩層早期應該屬於海相沈積。作物的生長和可溶性塩份的含量關係密切，土壤可溶性塩份含量在 2 mmhos/cm 以下，溫度在 25℃ 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，只有耐鹼作物能生長；在 16 mmhos/cm 以上時，則很少有作物能生長了。由於可溶性塩份含量偏高，所以在惡地地區草本難生，形成光禿禿的地貌，使得侵蝕作用更容易進行。

分析南部惡地地區的土壤肥力，發現惡地地區的土壤養分都有偏低或甚低的現象，而交換性鉀為中等或略高。因為缺磷，且含塩分高，使得草木難生，而土壤中交換性鉀、鈉、鈣、鎂等塩基的含量比例，對土壤的結構和保肥力影響頗大，依美國農業部的分類，茶寮溪與二仁溪流域的土壤以塩鹼土占大部份（電導度 > 4 mmhos/cm，交換性 Na^+ > 15%，土壤 PH 值很少低於 8.5 時，為塩鹼土）。塩鹼土大多在乾燥地區發育形成，或因地形低窪，排水不良，塩份聚積而形成的；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，應當不適宜塩鹼土的發育，所以本區南部惡地地區土壤的塩性和鹼性乃源於青灰泥岩的母質，因而也可以推論這個泥岩層是海相沈積。

(二)氣候

1. 主要氣候因子特徵

(1) 氣溫：

三個測站的氣溫記錄相差不多，最高月均溫都發生在七月（台南 28.8℃、高雄 28.5℃、台東 28.6℃）；最低月均溫都在一月（台南 16.9℃、高雄 18.1℃、台東 18.8℃）。每日最高溫月平均都以七月為最高（台南 33.1℃、高雄 31.5℃、台東 32.3℃）。每日最低溫都以一月為最低（台南 16.9℃、高雄 14.9℃、台東 15.9℃）。（參考表 7）

表 7 : 各測站氣溫資料

溫 度									
	台 南			高 雄			台 東		
月份	平均	平 均		平均	平 均		平均	平 均	
		最 高	最 低		最 高	最 低		最 高	最 低
1	16.9	23.1	12.8	18.3	22.3	14.9	18.8	22.7	15.9
2	18.0	24.4	13.8	19.2	23.3	15.7	19.5	23.5	16.5
3	20.9	27.2	16.4	21.7	25.5	18.3	21.4	25.3	18.2
4	24.5	30.1	20.2	24.7	28.1	21.6	23.9	27.8	20.6
5	27.4	32.2	23.6	27.2	30.3	24.4	26.2	30.1	23.0
6	28.2	32.4	25	28.0	31.0	25.4	27.5	31.2	24.3
7	28.8	33.1	25.6	28.5	31.5	25.8	28.6	32.3	25.1
8	28.4	32.7	25.4	28	31	25.4	28.1	31.9	25.0
9	27.9	32.5	24.4	27.6	30.9	24.9	27.2	31.0	24.1
10	25.5	31.1	21.6	25.7	29.1	22.8	25	28.9	22.1
11	22.1	28.0	18.2	22.9	26.5	19.8	22.7	26.4	19.8
12	18.6	24.7	14.7	20.0	23.9	16.6	20.2	24.0	17.4
1951~ 1980 平均	24.0	29.3	20.2	24.3	27.7	21.3	24.1	27.9	21

(2)日照時數：

大致而言，台南、高雄兩地的日照都相當充足，平均在 200 小時左右（台南 213.3 小時，高雄 185 小時），且以台南較高；而台東的日照時數則略少於台南、高雄，但也達 155.7 小時（41.4 %）。若以分配情形而言，台南、高雄的日照時數分配得頗為平均，台東則集中在六至十月。（參考表 8）

表 8：各測站的日照資料

日 照 時 數						
月份	台 南		高 雄		台 東	
	總 計	百分率%	總計	百分率%	總 計	百分率%
1	193.5	57.4	168.9	49.9	101.3	30.2
2	183.8	57.3	167.4	52.5	99	31
3	206.1	55.6	187.7	50.6	106.5	29.0
4	215.1	56.8	196.6	52.1	132.8	35.3
5	233.1	57.1	212.4	51.9	171.1	41.8
6	212.3	52.4	186	46.0	195.7	48.4
7	250.4	60.4	208.1	50.5	258.9	61.2
8	223.8	56.2	180.1	45	223.7	56.1
9	222.4	60.7	187.5	51.2	185.9	50.3
10	231.7	64.6	199.7	55.2	158.4	44.0
11	196.7	59.6	165.5	50.2	124.9	37.5
12	191.8	57.6	165.0	49.8	110.0	32.9
1951 ? 1980	2560.5	57.9	2224.9	50.4	1868.3	41.4

(3)蒸發量：

台南、高雄、台東三測站各月的蒸發量相差不多，全年的分布頗為平均，其中以高雄的蒸發量最高，年平均為 176.1 公厘；其次為台東，年平均為 147.1 公厘；台南最低，年平均為 130 公厘。（參考表 9）

表 9：各測站的蒸發量月平均值（公厘）

月份	蒸 發 量		
	台 南	高 雄	台 東
1	81.4	142.5	109.5
2	91.8	145.7	107.8
3	128.3	179.2	131.8
4	139.0	190.6	146.4
5	163.9	213.9	166.1
6	154.3	195.4	169.6
7	168.1	212.6	196.8
8	148.5	187.9	175.4
9	140.0	182.6	158.0
10	130.6	176.9	149.8
11	103.0	148.9	126.9
12	85.7	137.7	121.4
1951 ~ 1980	1539.8	2113.7	1753.1

(4)降水量：

降水量最多的月份：台南、高雄都是六月，分別為 400.6 公厘及 397.5 公厘；台東是八月，321.2 公厘。降水量最少的月份：台南、高雄都是十二月，分別為 10.6 公厘及 10 公厘；台東是二月，為 42.7 公厘。(參考表 10)

以降水型態而言：台南、高雄兩地的降水型態非常相似，在六月、八月出現明顯的兩個降水高峯，六、七、八三月為高降水月份，降水量皆超過 300 公厘，五、九兩月可視為過渡期，降水量在 150 公厘左右，而其餘月份（一、二、三、四、十、十一、十二等七個月）皆為低降水月份，尤其是一、二、十一、十二月降水量僅在 20 公厘左右。配合蒸發量來看，即可明顯指出台南、高雄二地乾濕季分明的特性，六、七、八三月為濕季，一、二、三、四、十、十一、十二等月為乾季，五、九兩月可視為過渡階段。台東的降水型態則不同於台南、高雄，降水集中於六、七、八、九、十等四個月份內，呈現單峯型態。一、二、三、十二等四月為少雨月份。配合蒸發量來看，也明顯地指出了乾濕季分明的現象，但差異沒有台南、高雄那樣劇烈（參看圖 4）。

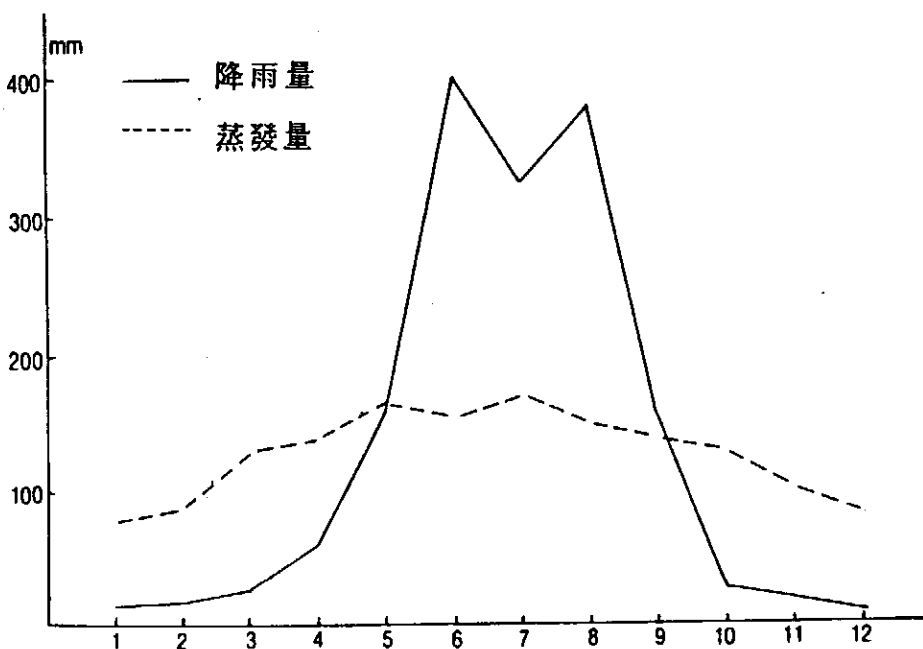


圖 4-a：台南降雨量、蒸發量分布圖

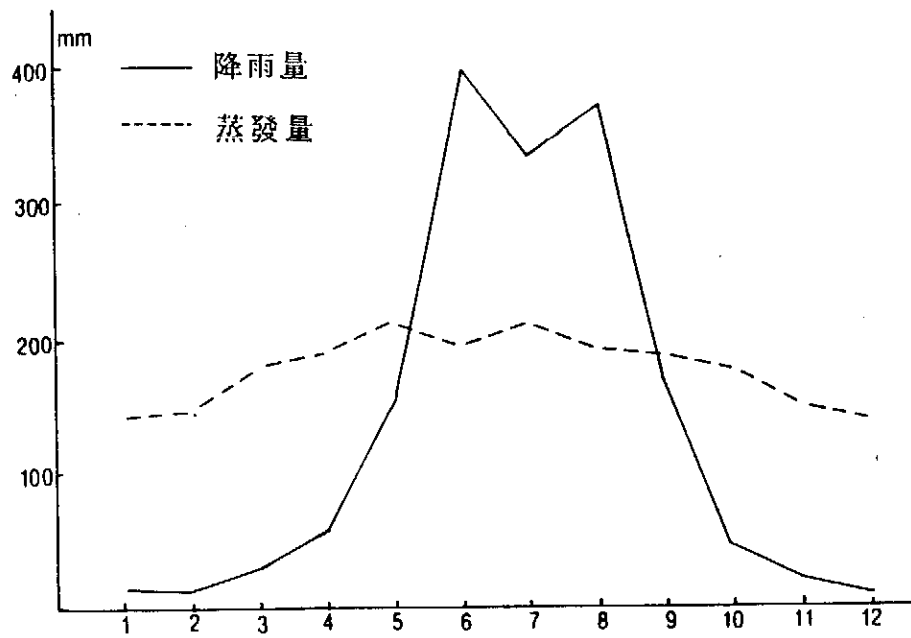


圖 4 - b : 高雄降雨量、蒸發量分布圖

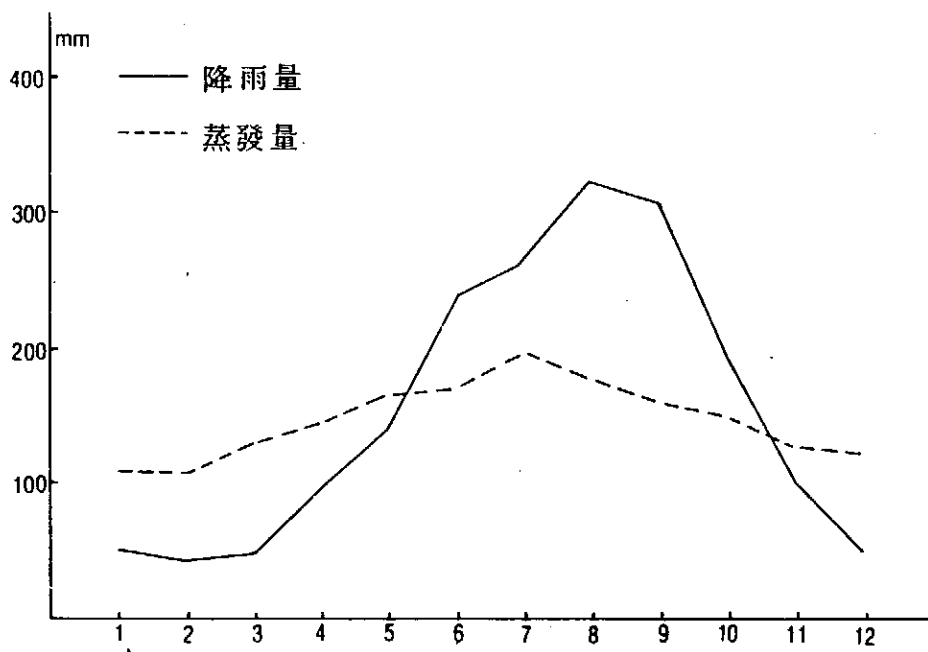


圖 4 - c : 台東降雨量、蒸發量分布圖

表10. 各測站降水量月平均值（公厘）

月 份	降 水 量		
	台 南	高 雄	台 東
1	17.5	17.2	50.1
2	21.1	14.3	42.7
3	28.9	32.1	47.5
4	67.3	58.8	95.5
5	161.9	156.1	141.4
6	400.6	397.5	241.7
7	325.7	335.7	262.6
8	378.1	370.9	321.2
9	154.5	165.3	305.8
10	29.5	44.8	188.6
11	19.9	22.5	98.6
12	10.6	10	49.7
1951—1980	1615.5	1625.1	1845.3

(5)相對濕度：

相對濕度最大的月份：台南是六月，83.3%；高雄是八月，86%；台東是六月，82.7%。三個測站的平均相對濕度記錄都相差不多。(參考表11)

表11. 各測站相對濕度資料

平均相對濕度(%)			
月份	台南	高雄	台東
1	79.7	78	76
2	79	79	77
3	78.3	79.3	78
4	78.3	81	79.7
5	79.3	82.3	81
6	83.3	85.3	82.7
7	82	84.3	80
8	83.3	86	81.3
9	81.7	84.6	80.7
10	79.7	81.7	77.3
11	80	80	76
12	80.3	79	75
1951-1980 平均	80.3	81.7	78.7

2. 生理氣象指數

Terjung (1966) 使用舒適指數、風涼指數來評估不同的大氣情況下，人體感受的舒適程度，合稱為生理氣象指象。舒適指數代號的意義說明參見表12。每一個月份可以根據平均氣溫、平均濕度值，分別計算出台南、高雄、台東三地的舒適度指數，參見表13。

表12 舒適度指數代號表

符 號	大多數人的感覺 (Sensation felt by majority.)
-6	極 冷 ultra cold
-5	非常冷 extremely cold
-4	很 冷 very cold
-3	寒 冷 cold
-2	冷 keen
-1	涼 爽 cool
0	舒 適 comfortable
1	溫 暖 warm
2a	熱 hot
2b	悶 熱 oppressive
3	極 熱 extremely hot

表 13. 舒適度指數表

地 點 \ 月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
台 南	-1	-1	0	1	2b	2b	2b	2b	2b	1	0	0
高 雄	0	0	0	1	2b	2b	2b	2b	2b	1	1	0
台 東	0	0	0	1	2b	2b	2b	2b	2b	1	0	0

(三)地形

1. 「惡地」的地形景觀

(1)一般形態：

泥岩裸露、稜脊和溝谷密佈是惡地地形的一般共同形態。在崇德與古亭間，這種地貌表現得更為細緻，尖峰利脊，地面被劇烈的切割。接近坡頂稜脊的山坡傾角，往往甚陡，約在六十度以上；溝谷的平均坡度則多在四十五到五十

五度之間。小溝谷的橫切面多呈現狹小的V字形，這是泥岩惡地區內主要的景觀特徵。而且除了主要溪流之外，各支流僅在雨季得見流水。山坡溝谷在雨季時發生泥流，平時也可見到殘留在谷中的泥流，這些泥流部份又經流水沖蝕。在泥岩暴露的山坡表面，經常見到皮殼狀泥質薄層覆蓋，這是雨水溶蝕的泥質殘留在岩石表面所形成的，皮殼狀的泥質覆蓋層也常出現乾縮形成的多邊形裂縫，與一般所稱的泥裂現象相似。

(2) 雨溝 (rills) 和蝕溝 (gullies)

雨水及漫地流 (overland flow) 侵蝕是惡地地形發育的主要營力。降雨時，水點撞及地面之後，最初滲入地下，當降雨量大於入滲量時，漫地流形成並且沿坡面流下，不僅溶化了表面的泥質，也刻劃出明顯細密的雨溝。漫地流逐漸匯聚成爲逕流，沿著雨溝流動，造成線性侵蝕 (linear erosion)，由於坡面雨溝的流水已含有或多或少的泥質，而形成濁流或泥流，這種含有泥質的流水可以載運更多的岩石碎屑，所以它的侵蝕能力更大，可以進一步地將雨溝刻蝕成深狹的溝谷，形成大蝕溝。

(3) 泥流堆積及泥痕：

降雨強度大的時候，泥岩表面極易軟化或溶化而成爲泥流，順溝谷下流的泥漿，常在坡腳或下游的谷裏堆積，形成隆起的沖積扇形小丘；山坡面在雨後也常形成一層泥漿薄皮覆蓋。在低地堆積的泥流乾燥後，體積縮小，常會形成近六角形的龜裂痕跡，稱爲泥痕。

(4) 土指：

強度降雨之後，雨點直接衝擊鬆軟泥質表土，可以造成土指的小地形，這種小地形通常發育在溝谷出口泥流分布的地方。泥流常是前一期降雨後帶來的，在後一次降雨的時候，雨滴打擊地面，刻蝕成土指。土指是一種細小的指狀突起，通常頂上有一顆石粒覆蓋，也就是靠了這粒小石，保護著下部的泥土，抵抗了雨滴的打擊。周圍沒有石粒保護的泥土被打散流出，因此遺留下一株一株密佈的土指，突出地面。這種土指在泥岩、頁岩地區十分常見。

(5) 潛水洞穴和天然橋：

潛水洞穴和天然橋是兩種在溝谷中常見的小地形，並且是由同一個過程形成的。溝谷中堆置的泥流組織鬆軟，在下一次的降雨期間，谷中的流水沖蝕，有時在堆積物的下方或中間沖出了隧道，隧道頂盤局部崩陷後，就形成潛水洞

穴，大小大致在數十公分到一公尺以上。這種洞穴從溝谷的上側一直排列到下側，往往在一條溝谷上就有七、八個之多，洞與洞間的隧道仍然有頂蓋，如果殘留的頂蓋不長，看起來就彷彿像拱橋一般，因此稱之為天然橋。

(6) 惡地地形發育模型：

徐鐵良（1972）研究高雄縣橋頭泥火山附近的雛形惡地地形（miniature badland）時指出，雖然這種雛形惡地分布的範圍有限，但是地貌發育的各種形態和階段卻能夠被辨識出來。所以，這個區域可以被看成是大規模惡地地形研究的活動模型。研究泥火山地區的雛形惡地地形，有助於了解現階段惡地地形的發育。雖然從幼年期到老年期的完整地貌發育過程無法確實得知，但是在這個地方的雛形惡地地貌卻能反映出地形切割的某些顯著的類型、程度和階段，在這些雛形地形中，某些地貌代表著地貌發育各階段的典型特徵，茲闡述如下：

① 原初期：

由泥石流所形成的原初面是平坦而略微傾斜的。這個原初面代表一個侵蝕循環的開始。這個面的傾斜大約是六～十度，構成泥火山噴泥口的部份坡面。通常很快就被雨滴和漫地流切割，發育出雨溝來。

② 幼年期：

淺溝、小溝和寬廣的分水嶺顯示出地形發育幼年期的早期階段，侵蝕營力是雨水、漫地流、泉湧（spring flowage）和泥石流。很快地，次級支流小溝從主要雨溝向源伸出，並且主要的水系發育成平行的河流型態，此時，達到幼年期的後期，在這個階段，小規模的曲流開始發生。

③ 壯年期：

除了流水的侵蝕作用外，雨水片洗作用在雛形惡地的發育上也扮演了一個重要的角色。低黏滯性的粉砂沈積物、高強度的降雨，和由泥石流造成的原初面都有助於雛形惡地的形成。當侵蝕繼續進行，小溝谷和支流愈來愈明顯，原初面大半都已被破壞。此時，地表高差達到最大，這種地景明白地顯示出雛形惡地已達到壯年期，在這個階段，70% 以上的地表都已是被切割破碎的坡面。

④ 老年期：

在橋頭的雛形惡地地區，老年期的地表沒有發育出來，因此沒有獲得具體的証據。

這個發育模型可以用來說明現階段惡地地形發育的過程。參考這個模型，再根據區域的一般地形表現，可知在二仁溪上游主流及其附近地帶，「惡地」的發育都已到達壯年期；在各支流上游地區，就「惡地」的發育而言，則尚在幼年期。

2. 「惡地」的地形作用

在惡地地形區內的地形作用以降雨沖蝕、河川侵蝕及邊坡崩坍為主，在現階段的地形發育中，尤其以降雨沖蝕作用最為重要。

降雨的侵蝕力 (rain erosivity) 是指降雨引起地表沖蝕的能力。它造成沖蝕的過程包括雨滴撞擊地表的飛濺作用 (splash)，以及地表漫地流 (overland flow) 的作用。粗淺的說，雨滴撞擊地面以及伴生的飛濺作用，可以造成易受沖蝕的物質，使原本固結的地表土壤組織破壞，變得鬆散。地表的漫地流則有搬運的功能，移除鬆散的表土物質，尤其當漫地流逐漸滙聚呈逕流時，侵蝕力增強，很容易將坡面刻蝕出眾多深狹的溝谷而造成線性侵蝕 (linear erosion)。

(1) 雨滴撞擊地表作用 (飛濺作用)

降雨造成飛濺作用的動能全視雨滴的顆粒大小以及撞擊地面那一剎那間的速度而定。這個瞬時速度又與雨滴下降的高度、雨滴的大小、以及吹動雨滴的風力有關 (Low & Parson , 1943 , Ellison , 1944 , Ekern , 1953 , Bavev et al , 1972)。在大多數的自然狀況下，雨滴的降落速度等於雨滴在自由空間下落的最終速度。經過樹冠滴落地面的雨滴，因為受到樹冠的阻擋因此在撞擊地面的時候，速度銳減，對地表造成的沖蝕力也大為減小。

降雨期間的雨滴大小與降雨強度直接相關。後者是指單位時間內的降雨量。一般說來，雨勢愈猛也就是降雨強度愈大。高強度的降雨伴隨著強大的雨滴撞擊沖蝕，強大的打擊力濺散泥土並且引起土壤的封合作用，因此使土壤的透水性降低，逕流量增加，水流的速度也增加，也更使沖蝕量迅速增加。

(2) 非線性侵蝕 (non-linear erosion)

美國水土保持學家歷經多年的研究，建立了一個估算土壤沖蝕的模式，稱為土壤流失通用公式 (universal soil loss equation , USLE)，用來預估長期年平均的土壤流失量，並且用在水土保持工程的設計與規劃上。這一個公

式視各地區狀況必需加以修正，而且不涵蓋山崩地滑的情形。不過，用這個方程式來分析非線狀沖蝕以及非點狀源的沖蝕問題，依然可以明確地了解非線性土壤侵蝕的情形。

土壤流失通用公式包括六個因子，分別是降雨沖蝕指數 (R)、土壤受沖蝕性 (K)、坡長 (L)、坡度 (S)、植被因子 (C)、經營因子 (P)。這六項因子決定土壤流失量 (A)。公式如下：

$$A = R K L S C P$$

- ① R 指數：R，指降雨沖蝕指數，而降雨沖蝕指數是降雨沖蝕土壤的能力 (Erosivity) 與土壤受蝕性 (Erodibility) 的函數。在南部泥岩地區內，R 指數的資料以下列各測點為例 (黃俊德，1979)。

測 點	平均年雨量 (mm)	R 值
左 鎮	2252.7	1068.0
烏山頭	2043.2	936.0
木 柵	2291.4	1093.0
古亭坑	1793.8	785.0
阿 蓮	1680.9	719.0

- ② K 指數：K 指數表示土壤性質對沖蝕的抵抗力，數值愈高受沖蝕愈嚴重。不同土壤的 K 值，最高可達 0.79，最低可達 0.02。一般粗粒土壤的 K 值約在 0.1；黏土質土壤的 K 值約在 0.2 左右；粉砂質土壤的 K 質最高，約在 0.35 ~ 0.4 間。泥岩惡地地區內的土壤大多為黏土質土壤或粉砂質土壤，K 值的資料以下列各測點為例 (黃俊義，1986)。

測 點	K 值 (T / ha / year)
南化	0.39
南化	0.48
左鎮岡林	0.53

③L S 因子：合併考慮坡長與坡度兩個因子。這項因子的值介於 0.5 到 6 之間，相差在 10 倍左右。由於泥岩惡地地區內邊坡坡度多在 40° 左右，所以 LS 值偏高。

④C 因子：C 因子，代表植被因子 (cropping management factor)。這項因子視地表植物覆蓋的密度和植物種類而定。濃密的熱帶雨林之下，C 因子的值可能降到 0.001。裸露土壤為比較的標準，其值定為 1。在泥岩惡地地區內，植被稀疏，多半為裸露地，因此 C 值接近 1。

⑤P 因子：P 因子，代表經營的方法。如果山坡上沒有做任何水土保持設施，而且整個山坡從上耕種到下，那麼 P 值最高為 1。若採用等高栽植的經營方法，可降低 P 值到 0.5 至 0.6 左右 (視坡度而異)。而平台階段，更可降低 P 值至 0.1 ~ 0.2。最高和最低值之間，相差僅僅數倍。

由上述的討論中，可以明顯的看出「惡地」地區內非線性土壤侵蝕作用十分強烈。

(3)線性侵蝕 (linear erosion)：

漫地流 (overland flow) 逐漸滙聚成爲逕流 (runoff)，在坡面上刻蝕出無數小雨溝 (rill)，再受坡形的影響，逐漸會聚成更大的蝕溝 (gully)、蝕谷 (ravine)，乃至於形成山谷、河谷。坡面逕流的集中導致溝蝕發生，也就是線性侵蝕作用加劇的開始。地貌因子則控制著逕流集中的效果。

①坡度的影響：坡度明顯的影響土壤沖蝕的速率。坡度愈大，也就是愈陡的邊坡，土壤沖蝕的速率愈高。這種相關性可以有幾種說明。在一個較陡的邊坡上，雨滴撞擊土壤而造成土粒向下坡移動的分力較大，因此向下飛濺的情形比較劇烈。坡度愈陡，地表逕流的流速也愈大，因此地表水向土壤內滲透的時間愈短。逕流的沖蝕能力也因流速較快而更強。坡度與土壤沖蝕的關係不是直線關係。在微傾的邊坡上，沖蝕造成的土壤流失量隨著坡度的增加而急速增加。20 度以上的時候，隨著坡度的繼續增加，逕流沖蝕緩緩增加。當坡度大於 60 度以後，土壤沖蝕隨坡度的增加反而降低。這種現象是因爲逕流快速的流散以及逕流深度較淺的緣故。坡度也很顯著的影響著土壤沖蝕開始以後發育的速度。較陡的邊坡通常都有較多的破壞性沖蝕地形以及進行快速的沖蝕作用。陡坡上受沖蝕影響的面積也以較快的速度擴大。

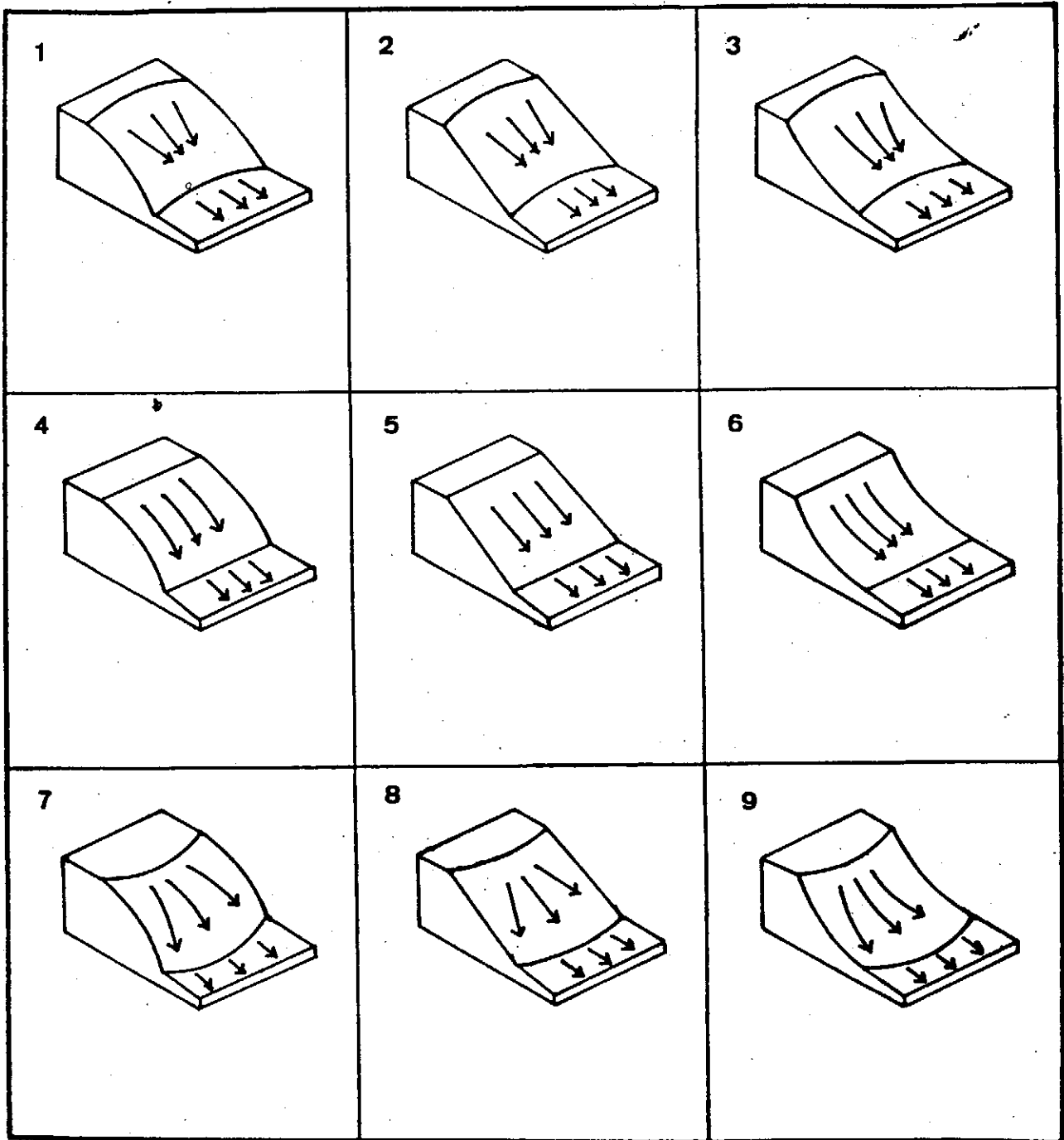
②坡長的影響：如果坡長增加，那麼地面截取的降雨量也相對增加，即使逕流

率保持不變，但地表逕流總量也已相對增加了。並且在較長的邊坡上逕流的速度也較快，因為速度加快，逕流的沖蝕力也就相對的增強。坡長的影響主要與土壤的透水性及降雨強度有關。坡長增加，在高降雨強度的情況下，逕流量與土壤沖蝕同時增加。因為高降雨強度伴隨著強烈的雨滴撞蝕，強大的打擊力濺散泥沙並且引起土壤的封合作用，因此使土壤的透水性降低，逕流量增加，水流的速度也增加。相反地，如果降雨強度低，那麼在坡長較大的邊坡上雨水下滲的時間加長，逕流率相對減低，沖蝕量也就跟著降低。

③坡形的影響：層蝕（sheet erosion）、紋蝕（雨溝）與溝蝕的作用都受到逕流的控制。在邊坡上，逕流的分布決定上述三種沖蝕作用的那一類會發生。影響逕流在坡面上分布的主要因子是坡形。一般而言，有三種坡形，分別是凸坡、平直坡與凹坡。有時候一個邊坡上同時有兩種以上的坡形組成。如果同時考慮邊坡的水平剖面與垂直剖面，便可將邊坡分為九種坡形（圖5）。而且由這九種坡形可以看出，任何在水平剖面上呈凹形的邊坡（1、2及3），都有集中逕流的效果。在這些邊坡上，溝蝕比較容易發生。水平剖面上平直的邊坡（4、5、6），因為不會造成逕流集中的情形，因此層蝕、紋蝕、溝蝕都可能發生，沒有偏好。水平剖面上呈凸形的邊坡（7、8、9）不具有集中逕流的效果。因此溝蝕不易發生，層蝕與紋蝕比較容易發生，其中尤以層蝕的可能性更大。

④坡的位置及坡形：山坡可依位置分為上、中及下部。或依坡形分為凸、平及凹坡。為了描述不同的侵蝕形式，可將這兩種分法合併使用。在平緩的坡頂或凸坡的上部，土壤侵蝕多半由雨點的撞擊造成。其他的作用，例如潛移、土石流（Solifluction）、底土流及溶解作用等也都影響土壤的流失。在山坡的中部，坡形大多比較平直，時常出現暫時性的堆積現象。第一次驟雨造成的堆積物就成為下一次驟雨搬運攜帶的物質。由於底土比較不易透水，因此表土內過多的土壤水便作測向流動，促進侵蝕。同樣的作用也發生在山坡的下部，常有地下水湧出所帶來（或溶解）的物質堆積。在坡面上，對表土、底土及岩盤所進行的侵蝕作用，在近坡腳的位置方式不同。在這裏，土壤流失主要受漫地流（over flow）及河岸侵蝕（stream bank erosion）的影響。接近河流的岸邊地區常是河流堆積物（alluvium）掩蓋地表，而不是來自山坡的崩積土（colluvium）。兩者的界線並不很清楚，有時候不易

圖 5：九種坡形示意圖



劃定。

在凸坡上，地表水的侵蝕力由分水嶺開始，往下坡逐漸增加。當降水量超過了入滲量的時候，逕流速度便隨之升高。更大的坡度造成更快的流速，很少有暫時的沈積現象發生。最嚴重的侵蝕發生在坡的中、下部位，離坡頂足夠的距離之後，溝蝕便逐漸開始發育。

在凹坡上，上部的侵蝕較下部為嚴重；隨著逕流增加，溝蝕迅速發生，並且向源侵蝕旺盛。當然這種侵蝕的發生還受到其他因素的影響，例如水平面上的坡形（山嘴、山窪）、集水面積及集水區形狀等。隨著坡度漸緩，層蝕（sheet erosion）逐漸消失。但是只要逕流集中的情形持續，那麼溝蝕作用就會持續發生。暫時性的堆積現象會在坡的中部出現，在坡的下部則為永久性崩積層堆積（colluvium）。在平坡上，影響侵蝕的主要因素不是坡形，而是表面粗糙度；暫時性的堆積現象會常出現，土層厚度維持適中，且因為搬運平衡而維持不變；侵蝕最嚴重的地方發生在坡的上部，常略為下凹；在坡腳因堆積而略呈凹坡。

三、「惡地」地形景觀調查

(一)調查方法

地形景觀調查的方法，因研究目標與性質的差異而有不同的偏重方向。本研究的主要目的在進行大面積泥岩惡地地形景觀調查，進而選定具有保留價值的特殊惡地地形景觀區，並建議依法劃設為地景保留區。

由於調查的面積廣大，且是以區域性地形景觀品質調查為主，因此採用航空照片判讀的方法為基礎，進行大面積的調查。惡地地形區由於缺乏植被保護、侵蝕劇烈，所以常造成大規模的裸露地，在航照上呈現出極淡色調、不規則塊狀、坡面並具有細密線條的型態。利用立體鏡進行立體像對的判讀很容易將各裸露地標繪出來，並轉繪至五萬分之一等高線圖上，作為室內作業的底圖。經過此步驟後，再根據適當的指標，便可選定具有較高景觀品質潛力的區域。最後則依照所選定的區域，進行野外實地勘察，以確定其景觀品質。

採用的航空照片是以農林航測所於 76 年拍攝的黑白航空照片為主。

1. 航照判讀

惡地地形景觀的特色在於地表受旺盛的雨水、逕流等之侵蝕作用，而造成植生稀疏，切割劇烈的裸露地。由於基岩裸露，所以地表直接表現了基岩的顏色，而泥岩在乾燥時則呈現青灰色或灰白色，這兩種顏色色調較淡，且與我們所想像、常見的土石顏色——土黃色不同，因此很容易與周圍的環境如偶見的綠色植被、晴空的天藍色等形成強烈的色彩對比，而吸引視線的會聚，造成特殊的視覺效果。

地表受到強烈侵蝕，造成了溝谷緻密、稜脊尖銳的坡面和崎嶇陡峭的形貌，嶙峋巉巖，讓人覺得奇幻荒涼，此外尚有許多趣味洋溢的小地形，也能引人注目。

因此，在室內作業（航照判讀）時，可以用惡地地形的裸露程度及地表侵蝕程度兩項因子作為選取具有較高景觀品質潛力的地景單元的指標。這兩項指標的內涵參見表 14 所述。此外，土地利用的現況對於地景保留區的設立也有很大的影響，所以也將土地利用現況列入考慮的指標中。

表 14：泥岩惡地景觀品質潛力指標

指 標	景觀品質決定因素	地形景觀	構景元素	地景元素	主要景觀屬性
裸露程度	裸露面積	基岩裸露、植生稀少，童山濯濯的景象。 泥岩的顏色給予人荒涼、熾熱的感覺。 適當的顏色對比（青灰色或灰白色的泥岩與青綠的植被），可增加視覺的生動性，不致於因為整片的裸露地而感到枯燥。	色彩	地質 植被	稀少性 生動性
	裸露面積愈大，愈感覺景色之荒涼，所造成的視覺效果愈強烈。				
	裸露情形 植生集中於背陽坡面或溝谷中，會加強色彩對比的效果，增加視覺印象。				
	植生零星散布於坡面上，色彩的對比無法顯露出來，將給予人有凌亂的感覺。				
侵蝕程度	溝谷密度 溝谷稜脊愈密集，則地表上線形表現愈複雜、崎嶇，富變化性及特殊性	坡面上緻密的溝谷，尖銳的稜脊、崎嶇變化的天際線等線形變化出乎一般視覺印象之外。 陡峭突兀的山形令人有置身於高山峻嶺的錯覺。	線形	地形	稀少性 生動性 繁雜性 統一性
	坡度 坡度愈大，地形愈陡峭，視覺印象愈深刻				
土地利用	土地利用型態		色彩 線形 形貌	人為活動	破壞完整性 統一性
	土地利用情形				

2. 野外調查

根據室內作業過程中所圈選的地景單元進行野外景觀資源調查。

調查的方法是參酌美國農業部林務局所製訂的路線景觀調查方法（Litton, 1968），沿現有可用的道路選定若干具代表性的觀景點，以描述、拍照，素描等記錄在觀景點上的觀察所得，並進一步地加以分析。但惡地之發育常以一個完整的小型集水區為單位，必須深入窄狹的集水區中，才能一窺全貌。在深狹的集水區中，無法以觀景點的方式進行調查工作，因此改選用若干具有代表性的景觀加以描述說明，藉以了解該集水區的一般狀況。

描述及記錄時，以觀景距離、視線角度、地景型態等因子來說明觀景者與地景間相對位置的關係。以生動性、繁雜性、稀少性、完整性、統一性等景觀屬性來說明地景整體的視覺印象，各屬性的內涵意義參見表 15 所述。至於整體的地景，則視為地形、植被、水體、人為活動等諸項地景組成元素的綜合組成。

由此即可製訂出一景觀資源調查表（表 18），作為野外調查工作的依據。

(二) 調查成果

1. 南部地區的惡地

(1) 航照判讀

經由航照判釋的結果，得知南部地區的惡地地形分布範圍廣大，北自台南縣龜重溪南至高雄縣燕巢；東沿楠仔仙溪北上至旗山、內門一帶，轉沿大埔溪至烏山頭水庫集水區之東緣；西界則由六甲、官田一帶向南沿伸至龍船、崇德。其中發育較良好的地區則集中在菜寮溪、二仁溪兩流域內，尤其以外岡子林、內岡子林沿線右側地區及上茅草山、古亭坑、田寮等地的裸露地分布最為密集。

將惡地分布圖與地質圖（耿文溥，1981）相比對，可以發現惡地的分布深受地層、構造線分佈的影響。裸露地集中區域的西緣與關廟層、南化泥岩兩者間的層界頗相吻合。南界則與旗山斷層相吻合。此外，在有現代沖積層覆蓋的地區，諸如左鎮、內門與崇德等地，惡地僅零星、小規模散佈。在大林尾、烏山頭、龍船窩一線，則受左鎮斷層的影響，也少見惡地之發育（圖 6）。

由於惡地地形的分布有集聚的現象，因此可依此將南部惡地地形分布密集的區域畫分成若干副區，分別加以調查，並說明如表 16。

(2) 南部地區惡地地景保留區之研擬：

根據副區內的一般狀況，依前述的指標，挑選出各副區中發育最為良好的惡地地形單元，建議劃為惡地地景保留區。結果參見下列諸表（表 17）：

表 15：景觀屬性

景觀屬性	說 明	高 品 質 因 子	低 品 質 因 子
生動性	指構景元素具有適當的對比性和主導性，而能造成強烈久存的視覺印象。	<ul style="list-style-type: none"> ①有特出的特徵景觀，如瀑布、奇峰、砂丘等，主導觀景者的視線。 ②地形陡峭，絕對高度大。 ③植被的組織、色彩特出。 	<ul style="list-style-type: none"> ①缺少主導的特徵景觀。 ②地勢平坦，缺少變化。
繁雜性	指景觀組成元素的種類、個數、分布和它們之間尺度大小、明暗、色澤的變化關係	<ul style="list-style-type: none"> ①具有多種的景觀組成元素。 ②地形變化大，崎嶇度高。 ③具有多樣的植生組成，其色彩、高度的變化明顯。 ④水流蜿蜒，形成了曲流。 	<ul style="list-style-type: none"> ①景觀單調，缺少多樣性的組成元素。 ②地形、植生，沒有顯著的變化。
稀少性	是指在一地理區域的景觀或景觀元素具有美學、生態和人類旨趣的相對重要性和稀有性。	<ul style="list-style-type: none"> ①具有奇特的地形或特殊的風化、侵蝕現象。 ②具有稀見的植生型態，或巨樹、神木等。 ③具有紀念價值的古蹟，人造物。 	<ul style="list-style-type: none"> ①地形很平常，沒有特色。 ②缺少特出的植生組成。 ③流水的型態沒有獨特的美學價值。
完整性	指自然與人造物之間整體的秩序感，著重於人爲活動或開發特性與景觀特性之間達到合適相容。	<ul style="list-style-type: none"> ①完全沒有人爲開發，自然景觀受到良好的保存。 ②人爲設施與周圍景觀，在色彩、形狀上有良好的搭配，不會造成強烈的對比。 	<ul style="list-style-type: none"> ①人爲設施佔據大片的視野，成爲視覺的重心。 ②人爲設施與環境不協調，形成強烈的對比。
統一性	指景觀元素組合起來成爲和諧的整體視覺單元。	<ul style="list-style-type: none"> ①景觀單元有明確的界限，形成獨立的個體。 ②山脈、稜線有系統的綿延。 ③地形、植生、水流等，有系統的關連。 	<ul style="list-style-type: none"> ①景觀單元的界限不明確。 ②景觀組成元素之間，沒有明確的關係。

表 16 - 1：南部地區泥岩惡地之區域調查表

區域編號	S B 100
範圍 區域概況	本區位於菜寮溪流域內，台 20 號公路支線與台 18 號公路之間。北起三角潭一帶向南沿伸；西沿外岡子林、岡子林直到石礮村附近；東沿台 3 號公路左側三坑口、塩水坑到大林尾。區內以紅毛寮、草山村一帶的裸露地分布最密集。
地形	惡地多沿河道兩側發育，有不少大規模的裸露地略成東北、西南雁行方向分布於區內，裸露地的坡向多為東南向，在大林尾以南有向斜脊構造地形出現。
植被	裸露地密集的地區，植生多分布於西北向坡上，以灌木林為主，裸露的坡面上植生稀疏，偶有草叢，與區外植生覆蓋密集的地區形成對比。
水體	菜寮溪及其兩條支流流貫全區，是本區最重要的地形營力，溪流蜿蜒曲折，曲流地形十分發達。
人為活動	土地利用以農業土地利用為主，多集中於河床兩側之沖積層上，尤其是在曲流的堆積坡上，有較大面積之農作栽種。

表 16 - 2 : 南部地區泥岩惡地之區域調查表

區域編號	S B 200
區域概況	本區位於 182 號公路以南，自牛埔、大坵園、芋園一帶向南沿伸，略成葉片狀，其東南緣為二仁溪主流之湖底到崇德段。區內包括上茅草山、大崙、下茅草山等地，有“月世界”之稱的觀光勝地也位於本區最南端。
地形	本區惡地地形發育良好，與西側關廟層上的單面山地地形表現迥異。裸露地多半沿河流兩側發育，且多為南、東南向坡。在湖底一帶的地形高差起伏較大，向崇德、月世界一帶漸行減緩。坡面切割細膩。
植被	植生多覆蓋在北向坡上，以低矮灌木、草叢為主，與裸露地坡面形成明顯對比。在裸露坡面上植生稀疏。
水體	二仁溪迂迴蜿蜒流經本區東南緣，並有數條支流流穿區內，曲流非常發達。
人為活動	農業土地利用多集中於二仁溪及其支流的河床兩側，狹窄的沖積層上，多為旱田、果園，只有少許水田。184 號公路通過本區南緣，沿路兩側有少許聚落發展。

表 16 - 3 : 南部地區泥岩惡地之區域調查表

區域編號	S B 300
範圍 區域概況	本區廣泛地分布在二仁溪以南，旗山斷層以北的地區。
地形	本區惡地分布範圍廣大，也較零散，在古亭以南沿下鹿埔到內寮一帶較為密集，此外在南勢湖以南，金山與中寮間也有一股裸露地向南沿伸。地形上的高差起伏由東向西漸漸減緩，坡度也漸緩。
植被	本區內有較大面積的植被覆蓋。
水體	二仁溪主流蜿蜒流經本區北緣，除此之外沒有較大的溪流。
人為活動	土地利用以農業為主，多集中於廢河道和較低平的地方，這些較低平的土地概為裸露地上淋蝕之土粒堆積而成的。

表 17 - 1：建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	SB 101 (照片 1)		
範圍	由於副區 SB 100 內的惡地地形發育良好，且分布廣泛，因此建議將區內的惡地地形區劃規為惡地地景保留區。本區惡地的範圍集中於岡子林西側約 1 公里至 3.5 公里的區域內，北起坑日，南達草山村，大林尾附近，尤以紅毛寮一帶最為密集(圖 6)。		
概況	裸露程度	裸露面積	裸露地分布廣泛，全區約 30 平方公里。
		裸露情形	裸露坡面上幾乎皆無植被覆蓋，但在相對於裸露坡的另一側坡面上則植生密佈，形成對比。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露地坡面上溝谷發育旺盛。
		坡度	區內的惡地地形相當陡峭。
	土地利用	菜寮溪的數條支流流經本區，溪流兩側低緩平地上大都已開墾為農地。	
		台 20 號公路經過本區北緣，區內有數條產業道路可與外界台 3 號、台 20 號公路相接。	
	劃為保留區的可行性	由於面積廣大，在土地管理上可能會遭遇困難。	

表 17 - 2 : 建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	SB 201 (照片 2)		
範圍	由於副區 SB 200 內的惡地地形發育良好且分布密集，因此建議將區內的惡地地形劃為地景保留區。範圍由岡山子、下寮仔沿二仁溪向西南延伸，經應菜龍達月世界、崇德止，面積廣大(圖 6)。		
概況	裸露程度	裸露面積	面積約 13 平方公里
		裸露情形	除了上茅草山南方有大片植被覆蓋外，裸露區內的植生僅偶見於溝谷或北向、東北向坡面上。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面溝谷稜脊密集。
		坡度	應菜龍以北的地形較陡峭，崇德附近的地形陡峭程度較低。
	土地利用	裸露區內鮮見人為土地利用情形。沿河谷兩側有農地，崇德附近有聚落分布。	
		184 號公路經過本區南緣，182 號公路支線經過本區北緣。	
	劃為保留區的可行性	本區惡地地形發育良好，面積廣大，且裸露區內甚少人為土地利用，十分適合劃為保留區。但在崇德附近的「月世界」由於觀光活動開發較早，不當的人為設施已將原地景破壞甚多，所以在劃設保留區時應將此部分排除。	

表 17 - 3 : 建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	S B 301 (照片 3)		
範圍	本單元位於副區 SB300 內，沿二仁溪支流兩側發育，自南勢、古亭一帶向東南橫陳，經鹿埔到坑內、打鹿埔一帶止 (圖 6)。		
概況	裸露程度	裸露面積	裸露地沿河兩岸分布，面積約 9 平方公里。
		裸露情形	河岸兩側坡面幾乎完全裸露與外圍地區植被覆蓋的情形迥異。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面上的溝谷緻密。
		坡度	受河水攻擊，河岸兩側谷坡陡直。
	土地利用	裸露區內幾無人為土地利用。	
		184 號公路通過本單元北側，但與本區並無公路相聯繫。	
	劃為保留區的可行性	本單元位於河流兩側，受河水營力、雨水作用下，隨時都在變化中，對科學研究而言相當有價值。	

表 17 - 4 : 建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	S B 302 (照片 4)			
範圍	本單元位於副區 SB 300 內，南安村一帶由堅旗呈向南延伸經外安、內安達茶寮止(圖 6)。			
概況	裸露面積	裸露地略呈半月形，面積約 7 平方公里		
	裸露程度	裸露情形	除了散布於溝谷內及北向、東北向坡面上的植被外，裸露區內沒有大規模的植被覆蓋，與區外形成強烈對比。	
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面上溝谷分布緻密。	
		坡度	地形陡峭程度不大。	
	土地利用	二仁溪支流橫越裸露區，溪流兩側及廢河道有農田分布。		
		184 號公路經過本區南部。		
	劃為保留區的可行性	區內尚無大規模人為活動，地景保存尚稱良好，建議劃為保留區。		

表 17 - 5 : 建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	SB 303 (照片 5)		
範圍	本單元在副區 SB 300 內，位於內寮附近，呈帶狀由北而南分布 (圖 6)。		
概況	裸露程度	裸露面積	裸露地分布較為零散，本單元的面積約 7 平方公里。
		裸露情形	裸露坡面上幾無植生，但在相對於裸露坡的另一側坡面上，則植被茂密，形成對比。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面上的溝谷緻密。
		坡度	地形頗為陡峭。
	土地利用	區內有數條溪流蜿蜒通過，溪流兩側有農地開墾和小型村落。	
		除甚小的產業道路外，本區並沒有較大的公路與外界聯繫。	
	劃為保留區的可行性	由於裸露地分布較零散，日後的經營管理較為困難。	

表 17 - 6 : 建議之南部泥岩惡地地景保留區

編號	S B 304 (照片 6)		
範圍	本單元位於副區 SB 300 內，金山南方之千秋寮到車瓜林之帶狀區域(圖 6)。		
概況	裸露程度	裸露面積	裸露面積約 9 平方公里。
		裸露情形	裸露坡面與植生覆蓋坡面分界明顯，形成強烈對比。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面上，溝紋分布緻密。
		坡度	地形陡峭程度不大。
	土地利用	區內平坦地上多已被開墾為農田。	
		區內有若干條產業道路。	
	劃為保留區的可行性	區內農業土地利用較多，將來在土地管理上可能遭遇困難。	

2. 東部地區的惡地

(1) 航照判讀

花東地區的泥岩惡地受利吉層分布的控制，沿海岸山脈西緣，自台東大橋附近緊臨卑南大溪向北延展發育，呈狹長的帶狀分布，其中以台東縣延平鄉鸞山村附近地區及卑南鄉富源村附近地區分布的面積最廣，但仍不能跟本省南部地區的情形相比擬，地表裸露的程度也不及台南、高雄南部地區。因此，透過航照的判讀後，將花東所有惡地分布的地區視為一區，不再加以細分副區。再依照前文所訂的指標，直接圈選出若干具有調查價值的地景單元，進行景觀資源野外調查。由於鸞山村地區的裸露程度較差，因此僅選定台東大橋北岸富源村附近地區作為調查區域。

(2) 野外調查

調查區的位置位於卑南大溪下游，接近台東大橋的北側，行政區隸屬於台東縣卑南鄉富源村。沿 197 號道路行至富源國小附近左轉入產業道路即進入本區範圍。調查區可分為三個集水區，並分別作為地景單元。另外，沿產業道路、河岸選定若干觀景視線良好的位置作為觀景點（圖 7）進行景觀分析，各觀景點分析結果及記錄參見表 18。

(3) 東部地區惡地地景保留區之研擬：

精密調查區內的惡地地形發育良好，地形景觀富麗特殊，建議劃為地景保留區。該區特性參見表 19。

表 18 - 1 : 東部地區泥岩惡地景觀調查表

地點：產業道路上，距富源國小約 1.5 km 處，是 1 號與 2 號集水區交會處。			
觀景距離	近景 (0 ~ 1 km)	✓	整個裸露坡面矗立眼前
	中景 (1 ~ 5 km)		
	遠景 (5 km 以上)		
視線角度	仰視	✓	由於坡面直逼眼前，所以視線將自動隨坡面上揚，並集中於天際線上。 側視的視線則以平視為主。
	平視	✓	
	俯視		
地景型態	全景景觀	✓	觸目所見皆是同一種地形，且地形綿延有致，在視覺上由於主題過分龐大及近景的誇張，所以由主題式景觀轉變為全景景觀。
	封閉景觀		
	焦點景觀		
	主題景觀		
生動性	惡地地形發育良好，坡面陡立造成極大的地形高差，坡頂點綴草坡、樹木形成色彩對比，整體而言，生動性高		
繁雜性	蝕溝密布於坡面，清晰可見，使坡面崎嶇多變，植生種類並無變化，且不具水體。		
稀少性	特殊的地形景觀。		
完整性	道路穿過，但因為顏色相近，且迂迴於地形變化中，所以能與地景保持和諧。		
統一性	每一個坡面成爲一個完整的視覺單元，而不同坡面則由天際線的綿延、變化相互連接，形成統一性很高的景緻。		

表 18 - 2 : 東部地區泥岩惡地景觀調查表

地點：1 號集水區內。			
觀景距離	近景 (0 ~ 1 km)	✓	在窄狹的溝谷中，視野被兩側的谷坡局限，形成近景。
	中景 (1 ~ 5 km)		
	遠景 (5 km 以上)		
視線角度	仰視	✓	雖然坡面矗立在前，平視可見，但因身在谷中，且面對的牆面高差甚大，所以視線會順著坡面上仰。
	平視		
	俯視		
地景型態	全景景觀		處於谷中，視線被谷坡、山坡所局限，在局限的情形下，視覺會較緊張敏感，時時仰望兩側坡面。
	封閉景觀	✓	
	焦點景觀		
	主題景觀		
生動性	壁立陡峭的坡面在相對高差的影響下使人覺得坡面雄偉，天際線的起伏綿延也造成了視覺上的韻律感，在谷中向谷源望去，層層的坡面由近而遠的排列產生透視效果，具有視覺上的戲劇性效果。		
繁雜性	地形上的變化非常特殊。谷中並有許多大大小小的外來岩塊散布，植生不具有變化性。 溝谷中有溪水流動，但因視線集中於兩側牆面而覺得較不重要。		
稀少性	特殊的地形景觀。		
完整性	谷中未見有任何土地利用。僅有一根農民安裝的灌溉用水管橫越谷口，但目前已斷裂。		
統一性	地形上系統綿延。		

表 18 - 3 : 東部地區泥岩惡地景觀調查表

地點：二號集水區內。			
觀景距離	近景 (0 ~ 1 km)	✓	在窄狹的溝谷中，視野被兩側的谷坡局限，形成近景
	中景 (1 ~ 5 km)		
	遠景 (5 km 以上)		
視線角度	仰視	✓	雖然坡面矗立在前平視可見，但因身在谷中，且面對的牆面高差甚大，所以視線會順著坡面上仰。
	平視		
	俯視		
地景型態	全景景觀		處於谷中，視線被谷坡、山坡所局限，在局限的情形下，視覺會較緊張敏感，時時仰望兩側坡面。
	封閉景觀	✓	
	焦點景觀		
	主題景觀		
生動性	整體而言，本集水區內惡地的發育不如 1 號集水區，稜谷的相對高差較小，但具有的景觀類型則十分相似。		
繁雜性	地形上的變化非常特殊。谷中並有大大小小的外來岩塊散布。 植生不具有變化性。 水體不甚重要。		
稀少性	特殊的地形景觀。		
完整性	谷中沒有任何人為設施。		
統一性	地形上系統綿延		

表 18 - 4 : 東部地區泥岩惡地景觀調查表

地點：卑南大溪的左岸，位於溪流曲流之攻擊坡上，面對 3 號集水區。			
觀景距離	近景 (0 ~ 1 km)	✓	立於溪岸沖積層上觀看整個坡面，觀景距離小於 1 公里，整塊裸露地矗立眼前。
	中景 (1 ~ 5 km)		
	遠景 (5 km 以上)		
視線角度	仰視		以平視為主，視線垂直坡面。
	平視	✓	
	俯視		
地景型態	全景景觀		整個裸露坡面綿延約 500 公尺，其間並無間斷，形成良好的整體形貌。
	封閉景觀		
	焦點景觀		
	主題景觀	✓	
生動性	惡地地形發育良好，地形陡峭且是完整的形貌，矗立眼前十分雄偉；植被點綴其間，形成色彩對比。		
繁雜性	溝蝕劇烈，使坡面崎嶇多變，植被分布的位置恰當。並有卑南大溪流經。		
稀少性	特殊的地形景觀。		
完整性	坡面前方有農田開闢，但並未破壞坡面發育，仍可與惡地保持和諧。		
統一性	景觀單元十分明確，地形形貌結構完整，天際線綿延有致，地形上的統一性很高。		

表 19：建議之東部泥岩惡地地景保留區

編號	ETB 101 (照片 7)		
範圍	台東縣卑南鄉富源村內，卑南大溪接近台東大橋附近的左側 (圖 7)。		
概況	裸露程度	裸露面積	形成三個集水區，裸露面積約 0.75 平方公里。
		裸露情形	裸露區內除少數植生覆於溝谷外，形成大規模裸露。
	侵蝕程度	溝谷密度	裸露坡面上溝谷密布。
		坡度	地形甚為陡峭。
	土地利用	裸露區內幾無人為土地利用，裸露區外則多為農地。	
		可由 197 號公路支線 (產業道路) 進入本區。	
	劃為保留區的可行性	本單元之惡地地形景觀經實地勘察，確定為具有高美質的地景景觀，且尚未受人為嚴重破壞，值得劃設為保留區。	

75 ha

四、惡地地景保留區的經營管理

(一)惡地地景保留區的價值

民國七十一年，政府頒佈了文化資產保存法。該法總則第一條明訂：本法以保存文化資產，充實國民精神生活，發揚中華文化為宗旨。同法總則第三條，明白闡示其所稱之文化資產，包括具有歷史、文化，藝術價值的數種資產，而自然文化景觀是其中重要的一項。自然文化景觀由農委會會同經濟部、內政部、教育部與交通部審查指定之，並依其特性區分為生態保育區，自然保留區及珍貴稀有動植物三種。這三種自然文化景觀在該法條文中，都有明確的定義。其所稱之自然保留區，指具有代表性生態體系，或具有獨特地形、地質意義，或具有基因保存永久觀察、教育研究價值之區域。這些條款明白的宣告了地形及地質景觀在自然保育工作中的重要性與價值。

台灣地區惡地地形分布的位置及景觀特性都已經在各章中分別說明。大致而言，惡地是一種特殊的地形景觀，泥質岩層、旺盛的侵蝕作用，造成尖銳陡峭的外表，它們是高美質的本體，展現了大自然的鬼斧神工，令人讚賞不已，是一種珍貴的自然景觀資源。就科學教育而言，這些奇特的地形景觀，分別孕含了地形作用及地殼變遷的訊息，甚或動態地展現了地形作用的運作情形，這些資料是地球科學教育研究上的重要資訊，科學家得以藉此推理出地殼的過去、現況及其未來的演變。因此，這些奇特的地形景觀也具有高度的教育研究價值，建議劃為自然保留區。

(二)惡地地景保留區的經營管理

1. 保留區的分類

國際自然暨自然資源保育聯盟（IUCN）國家公園暨保護區委員會（CNPPA），對於各種值得保護地區的分類，如下：

A組：凡由CNPPA負責觀測每一保育區狀況並提供技術指導之類區屬之，計有：

第一類 科學研究保留區

第二類 國家公園

第三類 自然保存物與自然地標

第四類 自然保育保留區

第五類 景觀保護區

B組：凡對 IUCN 整體而言，具有特殊之重要性，且常見於各國，但不限於在 CNPPA 之考量範圍之內者屬之。可是 CNPPA 或許仍欲觀測之，並對此類地區提出對自然保育甚具重要性之專門技術。此類地區計有：

第六類 資源保留區

第七類 人類學保留區

第八類 多元化治理區

C組：凡為國際計劃之一部份，且與自然保育有特殊相關，雖於某些情形下已屬前述類區之保護者，屬之。CNPPA 可能要求觀測這些地區並與 IUCN 顧問之其他機構共同提供專門技術服務。此類地區計有：

生物圈保留區，

世界襲產地點（自然的）。

考量惡地地區的各项特性，於上項分類表中較符合“自然保存物與自然地標”一類。其劃定目標如下：

(1)經營目標：

此類地區之經營目標在保護及保存國家的重要自然現象，並依此延伸，提供解說、教育、研究及國民欣賞之各種機會。

(2)選定及經營之標準：

本類地區通常有一或數個具有獨特的國家級地位之自然特性，如地質構造、獨特的自然區址、動植物物種或棲息地，因為獨特或稀有而可能遭破壞，故應予保護。理想上，這些須保護的現象應無或僅有極少人類活動之跡象，與其大小無關，亦不含多樣的特色或代表的生態系可躋身於國家公園之列。本類地區具有國民教育及欣賞之特殊潛力。面積大小不是一個重要的因素，只須大到足以保護其區址之完整即可。

雖然第三類地區可能有遊憩及觀光之價值，但必須加以經營俾免人為干擾。這些地區可交由中央或其他政府機關或非營利財團或法人來經營，只要能保證長

期保護其固有之特色。

根據上述定義及行政院文化建設委員會指定自然文化景觀保留區經營之策略

- ①藉土地使用管制，以達到保護之目的。
- ②藉限制鄰區緩衝地區之土地使用，誘離人為活動及開發建設工程。
- ③藉適當的經營管理，允許適當的利用等，兼顧保護及利用。即在保護區之外發展人為活動，在區內則僅允許無破壞性之觀賞活動。
- ④保護區之任何開發利用行為，應獲得文建會自然文化景觀委員會之同意。
- ⑤經劃定之保護區，以文化資產保護法為優先適用。其它法規在不違背該法的狀況下，依然適用。

可以指出惡地地形區，應加以適當的管理規劃，保留其自然之特色。並以自然研習及解說服務，使此保護區除能長久保存外，更具有提高國民精神生活及教育的功能。

2. 保留區土地管理的一般原則

- (1)藉土地使用分區管制，以達到保護的目的。
- (2)藉限制鄰近緩衝地區土地使用，誘離人為活動及開發建設工程。
- (3)藉適當的經營管理，允許適當的利用等方法，兼顧保護及利用。即在保留區之外發展人為活動，在區內則僅允許無破壞性之觀賞活動。
- (4)積極推展生態規劃及“環境評估”作業。並要求各學科專門人員組成團隊執行之。
- (5)籌設專門小組，經常性監督、考核保留區經理之績效。
- (6)任何設施之建設，應於規劃階段起，即進行視覺衝擊分析研究。
- (7)土地分區管制下允許之開發作業，仍應擬定作業準則，嚴格監督（Performance Standards）。允許之活動及工程等，似可考慮頒給許可證（Permit）。
- (8)充分引用相關法規。

3. 惡地地景保留區的管理方法

綜合而言，易達性高、裸露程度低、靠近河流的惡地地形區面臨破壞的可能性也相對提高。大部分的惡地地形區多被林地圍繞，鄰近地區則都是旱作及果園地，土地使用的種類也多半屬於山坡地保育區的農牧用地。因此，惡地地景的管

理辦法應首先著重防止因開墾耕地或保護農作而導致破壞惡地地景的行為。再者，惡地地景保留區的管理經營與其他土地利用相關，因此，唯有整體的土地利用經營管理，才能達到保護惡地地景的目的。同時，為確實保護惡地地景，需要同時劃定緩衝區以限制不當的土地利用危及惡地地景。管理惡地地景保護區，可有數種方法：

(1)移轉土地發展權：

所謂土地發展權係指地上物開發利用的權力。首先劃定惡地地形區為保留區，嚴格限制其他土地利用發展，並另尋其他地點劃定為發展區（或稱移轉區）。被劃為保留區的原土地所有權人仍保有土地所有權，但是對原地的發展權脫離所有地而移轉到發展區。換言之，保留區的土地所有權人不得在保留區的所有地耕種農作或作其他土地利用。保留區土地所有權人的農業或其他土地利用則移轉到發展區，在那兒從事耕種或作其他土地利用。發展區的土地利用密度可允許高於土地分區管制所規定的使用密度。發展權乃依據地區地價評估及公告地價分配，移轉區的發展權也可轉售。這種移轉發展權的土地控制方法，透過土地分區管制及行政管理可部分控制土地發展的時間及類型。

(2)收購土地發展權

惡地地景保留區的主管機關購買保留區土地所有人的土地發展權，而允許土地所有人仍保有土地所有權。由於所有權人仍保有保留區所有地之所有權，因此，土地所有權人仍須支付土地稅，唯僅徵收保育用地之土地稅。政府購買的是土地發展權，因此所需的收購經費低於土地所有權的收購經費。

(3)由惡地地形區內的土地所有權人自願劃定所有地為惡地地景保留區，但仍持有土地所有權。政府除了減輕保留區所有人的土地稅外，再給予其他鼓勵。

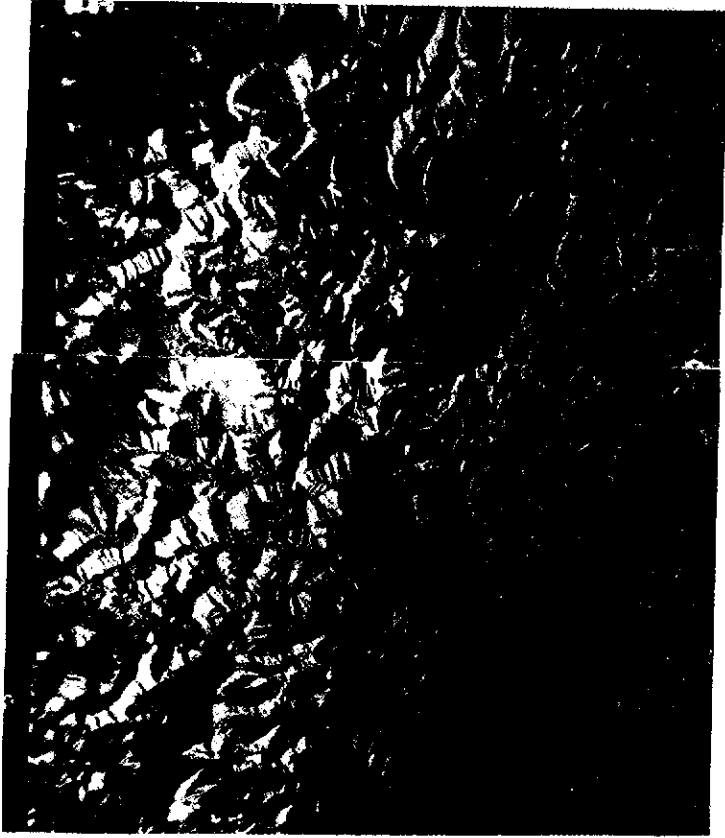
(4)以土地分區管制辦法管理惡地地景保留區。

(5)政府以土地徵收的方式收購惡地地景保留區的土地所有權。

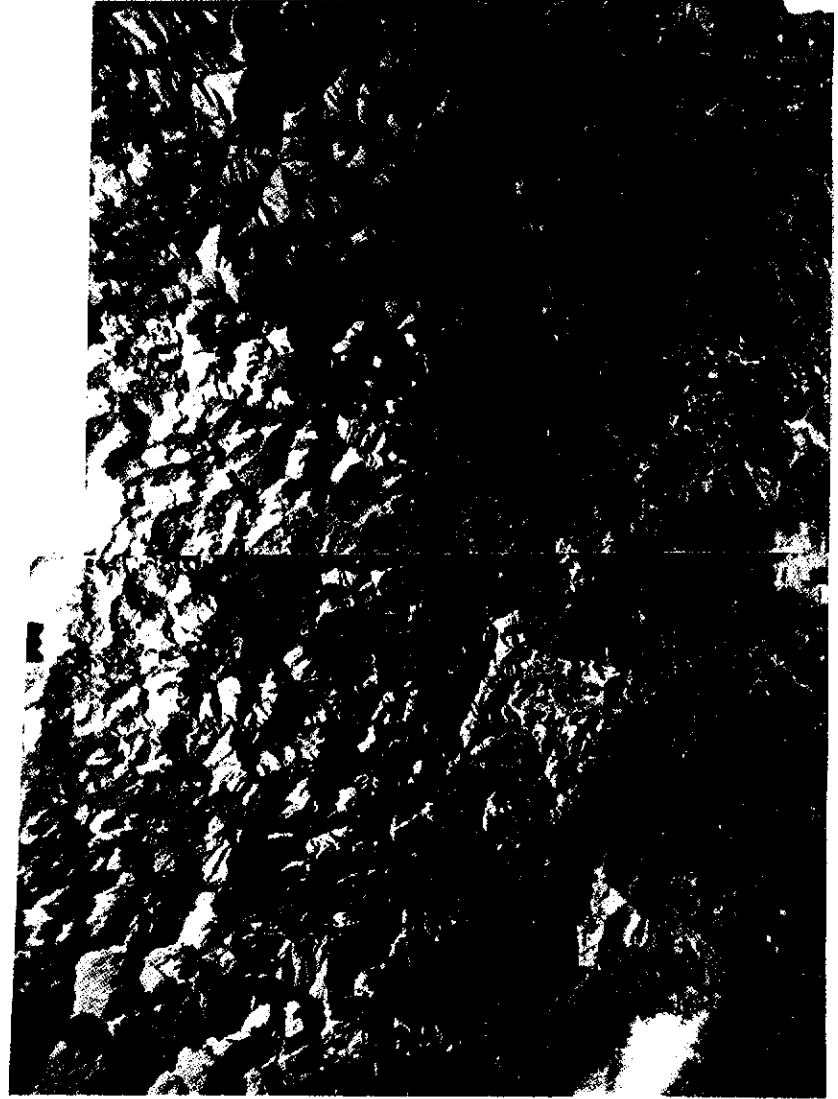
參考文獻

1. 中央氣象局氣候資料彙編 1951～1980。
2. 王鑫，1978。台灣的地形景觀。渡假出版社。
3. 王鑫，1986。中橫公路道路邊坡的地貌分析。國科會大型防災計畫研究報告。
4. 王鑫，1986。泥火山地景保留區調查報告。農委會。
5. 王鑫，1987。火炎山自然保留區生態之研究報告。農委會。
6. 台灣省政府農林廳山地農牧局，1968。台灣省西南部泥岩地區保育利用調查報告。
7. 吳建民，1967。台灣西南部泥岩地區沖蝕問題之研究兼及台灣西南部水庫之泥沙問題。台灣省農林廳山地農牧局水土保持叢書之九。
8. 李美枝，1973。台灣西南部典型惡地的地形學研究。師大地理研究所碩士論文。
9. 李素馨，1983。視覺景觀資源評估之研究——以台北縣坪林鄉為例。台大園藝研究所碩士論文。
10. 何春蓀，1975。台灣地質概論。經濟部。
11. 何春蓀，1984。台灣混同層的研究經過和今後發展。中央地質調查所特刊，第三號。
12. 耿文溥，1981。台南以東丘陵區之地質。中央地質調查所彙刊，第一號。
13. 徐鐵良，1956。台灣東部海岸山脈地質。台灣省地質調查所彙刊，第八號。
14. 徐鐵良，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。
15. 徐鐵良，1972。高雄縣橋頭附近之雛形惡地地形。ACTA Geologica Taiwanica, No. 15。
16. 費立沅，張徽正，詹新甫，1984。台灣南部地區泥岩之工程地質特性。工程環境會刊，第五期。
17. 黃俊德，1979。台灣降雨沖蝕指數之研究。中華水土保持學報，第十卷，第一期。

- 18.黃俊義，1986。台灣坡地土壤沖蝕性及流失量之推估。中華水土保持學報，第十七卷，第二期。
- 19.Litton，1968。Forest Landscape Description and Inventory，A Basis for Land Planning and Design in USDA。For. Service Res. Pap. PSW-49。
- 20.Schumm，S.A.，1956。Evolution of Drainage System and Slopes In Badland at Perth Amboy，N.J.。Bull Geol. Soc. Am.，No. 67。
- 21.Schumm，S.A.，1962。Erosion on Minature Pediments In Badland National Monument，South Dakota。Bull Geol. Soc. Am.，No. 75。



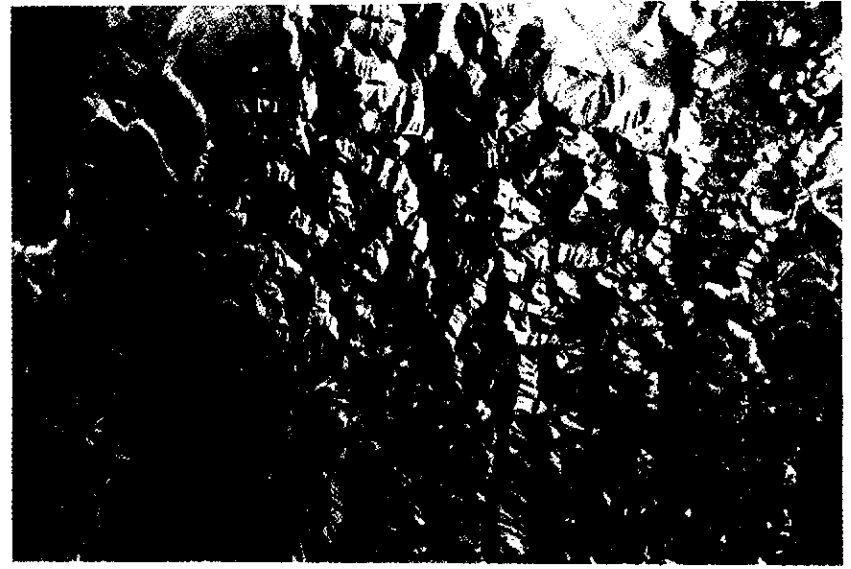
照片1-1



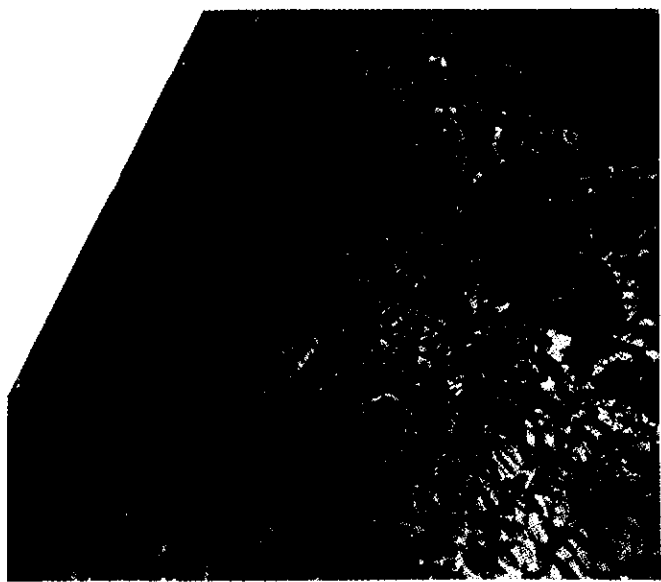
照片1-2



照片 2-3



照片 2-4



照片4



照片5



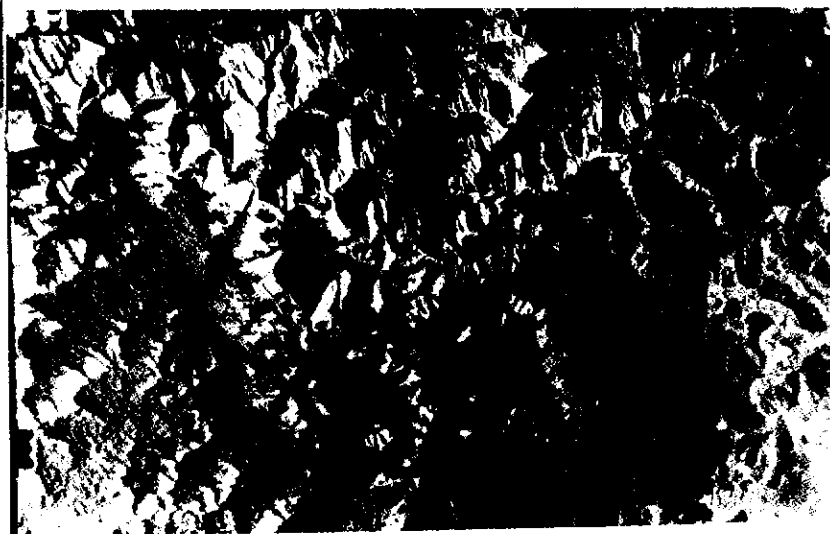
照片 6



照片 7



照片 3





照片2-1



照片2-2