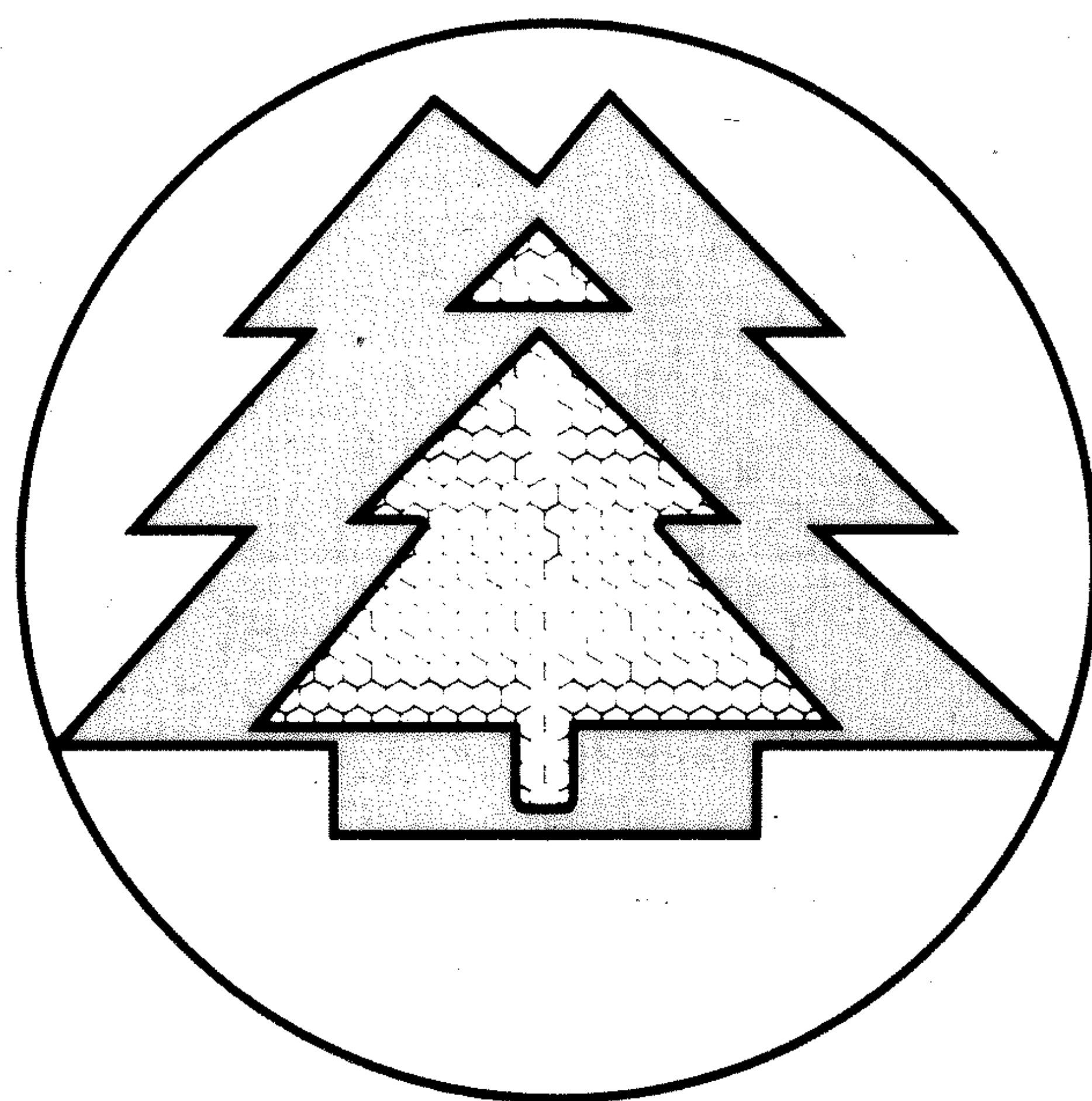


臺灣省農林廳林務局保育研究系列86-02號

觀音海岸自然保護區 地質地形調查研究

張石角



主辦機關：臺灣省政府農林廳林務局羅東林管處
執行機關：中華民國工程環境學會

中華民國八十六年八月

目 錄

1 · 前言.....	1
2 · 地理環境.....	3
2 · 1 · 地勢.....	3
2 · 2 · 溪流.....	3
2 · 3 · 降雨.....	3
2 · 4 · 氣溫.....	4
2 · 5 · 風速及風向.....	4
2 · 6 · 地震.....	4
2 · 7 · 沙灘和波浪.....	9
3 · 地形、地質分析.....	10
3 · 1 · 地形分析.....	10
3 · 2 · 地質.....	13
4 · 環境地質與地質災害.....	16
4 · 1 · 環境地質分析方法.....	16
4 · 2 · 環境地質與地質危險類型分析.....	21

5 · 環境地質資源分析.....	27
5 · 1 · 土地資源.....	27
5 · 2 · 景觀資源.....	27
5 · 3 · 海岸地形資源.....	27
5 · 4 · 地質景觀資源.....	31
6 · 結論.....	34

圖目錄

圖	2-1	研究區地理位置圖.....	4
圖	2-2	研究區水系分布圖.....	5
圖	2-3	風化作用的氣候控制圖.....	8
圖	2-4	臺灣地區震央分布圖.....	8
圖	3-1	地形分區及坡度分布圖.....	11
圖	3-2	研究區中段地形分析示意圖.....	12
圖	3-3	研究區地質圖.....	14
圖	4-1	資料處理流程圖.....	19
圖	4-2	環境敏感地區分布圖.....	22
圖	4-3	研究區潛在崩塌類型分布圖.....	25
圖	5-1	坡度、植被與賞景據點示意圖.....	27
圖	5-2	嶺線與坡腳垂直距離與坡度示意圖.....	28
圖	5-3	坡長與蝕溝發達程度示意圖.....	29
圖	5-4	溶蝕洞示意圖.....	30
圖	5-5	弧形海蝕洞、矩形海蝕洞.....	30
圖	5-6	大理岩圓弧型褶曲.....	31
圖	5-7	變質粉砂岩小型褶曲示意圖.....	32
圖	5-8	非諧變質褶曲現象.....	32
圖	6-1	研究區環境地質景觀資源分布圖.....	35
附圖		：觀音海岸保護區環境地質、地質災害與地質景觀資源分布圖..	封底

表 目 錄

表 2-1	研究區鄰近雨量站雨量統計.....	6
表 2-2	蘇澳氣候測站氣溫及風速資料統計.....	6
表 4-1	坡度分級.....	17
表 4-2	地表現象分級表.....	17
表 4-3	岩體之工程性質分類.....	18
表 4-4	山坡岩層構造分類.....	18
表 4-5	工程土壤厚度分級.....	18
表 4-6	工程環境地形與地質序數表.....	19
表 4-7	環境敏感度分級表.....	20
表 4-8	環境風險率與土地利用潛力.....	21
表 4-9	環境敏感度分級統計表.....	21
表 4-10	山坡地潛在崩塌地類型之評估準則.....	24

摘 要

觀音保護區依其地形地質特徵，可分為四區：I區不受海水之直接影響，II區為連續峭壁之萇溫斷崖，III區則峭壁與緩斜坡相間，而IV區雖多緩坡，卻為崩積層分布區。全區大部分為高敏感區，無特殊之景觀點，亦少良好之賞景（太平洋岸）據點。公路通過峭壁處亦受落石之威脅。

海灘北寬而南狹，但最寬處也在大潮之影響範圍。全海岸線為礫灘，前濱坡度大，海浪能量大，不宜戲水。II、III、IV區峭壁下隨時有落石之虞，遊客也應遠離，以保安全。

惟礫灘多來自中央山脈各種變質岩類之圓礫，可藉以認識岩類和推論中央山脈之地質；基盤也出露於海崖，並呈顯各種類型與規模之褶皺，海蝕洞、溶洞、石灰華、崩塌等內外營力所形成之地質現象則使本區海岸成為高品質之地球科學鄉土教學區。

觀音海岸自然保護區地質地形調查研究

1. 前言

地形、地質和水文三者乃一地域之基礎環境條件，蓋其決定生態特性、土地利用潛力和地質災害等土地特性也。例如：坡度緩、土壤深厚、坡面穩固者，各種植物競長；反之，坡度陡峭者土壤淺薄、高大植物不易著根，則競爭力較差之植物遂有倖存之空間。台東蘇鐵之棲地即其一例也。坡度甚緩，便於人之活動，故其利用潛力大，多已被開墾，除非受到法令之保護，否則其現狀之自然度低；反之，坡度陡者，若超過該邊坡組成物質之抗重力極限，則時有各類崩塌之發生，有危害在該區活動之身家安全之虞。因此，基礎環境之調查乃為土地資源利用規劃之基本。

對國有林保護區而言，地形、地質既具景觀資源之意義，亦有潛在地質災害之虞。尤其本區蘇花公路通過，可及性高，故無論就生態資源或地形、地質景觀資源之利用規劃，抑公共安全之維護，都有對本區之地形、地質特性及其分布加以調查分析之必要，可為保護區環境規劃與管理之參考。

本保護區位於南澳、谷風間東向陡坡面，約自海岸山—南山間嶺線至海濱，面積約五百多公頃。本區以黑色片岩為主，中間夾有數層薄層綠色片岩、石英片岩、結晶石灰岩（大理岩）、片麻岩等。黑色片岩、綠色片岩皆以片理發達、岩質軟弱著稱，容易風化、侵蝕和崩塌。而本區下有海蝕現象，上有裸露岩體和崩積層，可謂地形和地質似單純，實則頗富變化，其間既有各種景觀資源，亦有環境敏感區，本研究將一一加以區劃和分級，並提出資源利用與公共安全維護等建議。

本研究之項目如下：

1. 地理環境
2. 地形、地質分析和分區
3. 環境資源
4. 環境災害
5. 結論與建議

2 · 地理環境

2 · 1 · 地勢

本國有林保護區位於南澳與觀音間御恩支嶺之東向坡（圖2-1），南北長約8,500公尺；地勢南高而北低：本區南界最高點海拔920公尺，北界最高點瞭望台海拔382公尺。全區呈南北向狹長帶狀，北半段窄，南半段較寬：最寬處在南界上，水平投影寬度1,500公尺；最狹處在萼溫斷崖中段，水平寬度約250公尺。

2 · 2 · 溪流

全區為御恩山海岸支嶺之東向坡，其地形面狹而陡，坡面有坑溝，集中於南山以南，有較大集水面積之南段，溝淺而流急，多小瀑布，平行注入太平洋，但皆小而無名；北段萼溫斷崖為連續峭壁，集水面積甚小，故有蝕溝而無溪溝（圖2-2）。

2 · 3 · 降雨

根據台灣省水利局武塔、樟林、大濁水三個雨量站之降雨資料（表2-1）推估，本區平均年降雨量約2,400公釐，每年5~11月為雨季；一日最大降雨量有向南增加之趨勢，於大濁水，一日最大降雨量達652公釐（1968年），佔平均年雨量四分之一，故為災害性降雨。以上資料顯示本區雨量豐沛並常有集中性豪雨之出現。雨水滲入岩層、土壤中，改變其物理和化學性質，乃引起崩塌之主因。台灣每有豪雨即傳出崩塌和水土災害即為此故。蘇花公路常有交通中斷情形，亦多與豪雨或長時間降雨產生崩塌有關。

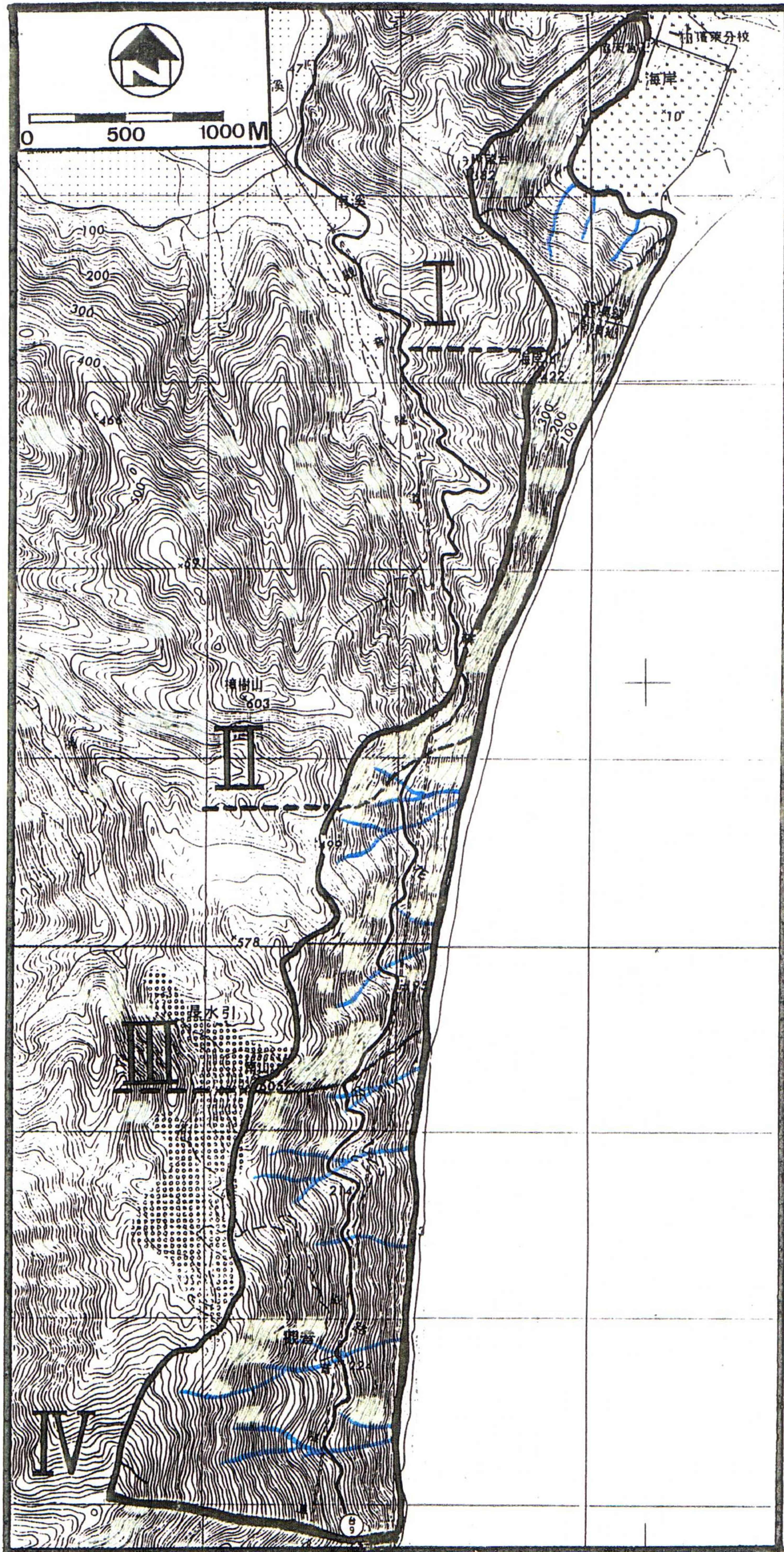


圖 2-2 研究區水系分布圖

表 2-1 研究區鄰近雨量站雨量統計

站名	項目	月雨量												年雨量	一日最大 降雨量	二日最大 降雨量	三日最大 降雨量	備註
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月					
武塔	最大	67.2	375.0	252.5	109.6	413.0	767.0	491.2	619.8	1005.5	701.5	607.7	120.9	3366.5	347.0	382.5	446.3	1. 記錄時間：68~75年 2. 記錄年數：8年 3. 統計年數：8年
	出現年份	72	72	72	74	75	70	71	73	74	74	69	68	74	70	70	69	
	最小	6.7	4.4	23.0	12.5	46.4	26.5	12.6	26.1	184.0	66.3	19.3	20.0	1663.6	139.0	189.0	190.0	
	出現年份	73	73	74	75	71	72	69	70	73	68	74	72	68	72	72	72	
樟林	平均	37.4	93.1	71.9	60.3	219.6	317.5	141.2	274.1	477.7	265.7	283.4	56.3	2298.2	256.7	323.6	356.3	1. 記錄時間：69~75年 2. 記錄年數：7年 3. 統計年數：6年
	最大	74.0	286.0	179.0	110.9	462.0	993.8	865.5	737.6	1039.0	643.0	735.2	101.0	3179.8	515.0	703.0	710.5	
	出現年份	72	72	72	74	73	70	71	73	70	73	69	74	74	71	71	71	
	最小	20.9	8.5	31.0	14.4	47.0	0.0	13.0	4.0	157.6	111.0	32.0	24.0	1862.5	125.0	202.0	202.0	
大濁水	出現年份	75	73	71	75	71	69	69	70	73	71	74	72	72	72	72	72	
	平均	40.7	98.1	71.2	63.2	250.8	377.8	202.4	289.4	567.4	328.1	311.2	51.9	2691.5	322.8	464.1	482.7	
	最大	445.0	354.5	271.7	310.4	625.9	736.6	1101.9	774.2	1401.5	1482.6	789.5	478.2	3523.5	652.0	914.0	1049.0	
	出現年份	60	72	45	56	50	70	57	29	45	59	28	28	63	57	59	59	
大濁水	最小	10.5	11.0	8.1	8.0	8.0	4.5	2.1	0.0	23.2	26.7	20.0	5.2	1338.3	66.0	116.0	126.0	1. 記錄時間：26~75年 2. 記錄年數：40年 3. 統計年數：35年
	出現年份	52	64	28	65	41	41	46	70	62	52	74	29	30	55	66	72	
	平均	81.3	80.9	77.6	92.6	159.9	259.9	202.7	267.7	395.8	364.7	231.7	100.1	2403.4	283.9	387.9	437.3	

表 2-2 蘇澳氣候測站氣溫及風速資料統計

項目	月份												平均	最大	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
平均氣溫(°C)	16.1	16.5	18.2	21.0	24.3	26.6	28.4	27.9	26.3	23.8	20.5	17.0	22.2	—	—
平均最高氣溫(°C)	18.7	19.1	21.0	23.8	26.9	29.3	31.0	30.7	28.9	26.2	23.1	19.6	24.9	—	—
平均最低氣溫(°C)	13.8	14.2	15.7	18.4	21.8	24.0	25.5	25.1	23.8	21.5	18.3	14.7	19.7	—	—
平均風速(m/s)	3.1	3.0	2.8	2.6	2.3	2.4	2.9	2.8	3.0	3.0	3.0	3.1	2.8	—	—
最大風速及風向	風速(m/s)												9.8	23.9	
	風向												NNE	E	
	出現年份												72	79	

註：1. 記錄時間：71年~79年
2. 記錄年數：9年
3. 統計年數：9年

2 · 4 · 氣溫

本區位於亞熱帶，年平均溫度約 22.2°C ，七月最高達 28.4°C ，平均最高 31.0°C ；元月最低 16.1°C ，平均最低 13.8°C （表2-2）。每年六、七、八、九等四個月為高峰期。高溫且濕潤地區，有助於化學風化作用。本區年平均溫度 22.5°C ，雨量2,400公釐，乃強烈化學風化區（圖2-3），有弱化表層岩石之效果。本區黑色片、綠色片岩皆屬容易風化、崩塌之變質岩，其裸露區和崩積層分布區之土壤深厚，乃化學風化之結果。

2 · 5 · 風速及風向

本區平均風速 2.8m/sec （表2-2）（蘇澳測站資料），但最大風速可達 23.9m/sec ，係夏季颱風所致。但冬季東北季風也有大於 10m/sec 之強風。惟平均全年強風數雖然只有十日，對邊坡穩定性卻有相當之影響。蓋樹大招風，在陡坡上土層淺薄或崩積土上土壤結構疏鬆，其樹木根系不易牢固，致於強風之際有被搖晃而傾倒，導致崩塌等邊坡不穩定之現象。

2 · 6 · 地震

本區位於東台地震震央密集區（圖2-4），屬「強震地區」（建築技術規則，1996）。地震之搖動力量一方面破壞岩體之結構、減弱其穩定度，另一方面則是引起崩塌，尤其是落石（Rock fall）之重要誘因。本區地震頻仍，峭壁又幾佔全區之半，時有落石，威脅公共安全，形成資源利用上之限制條件。

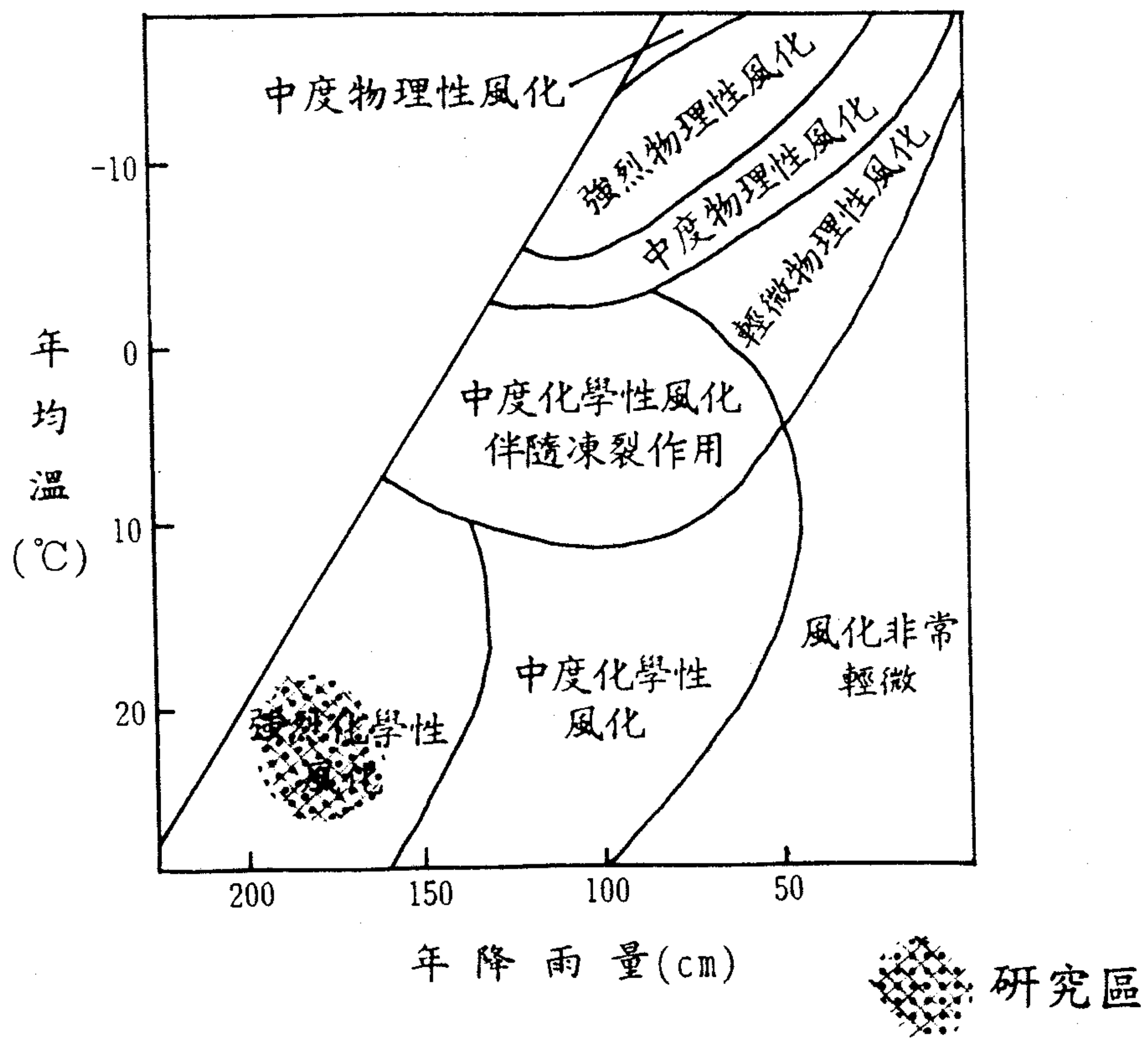
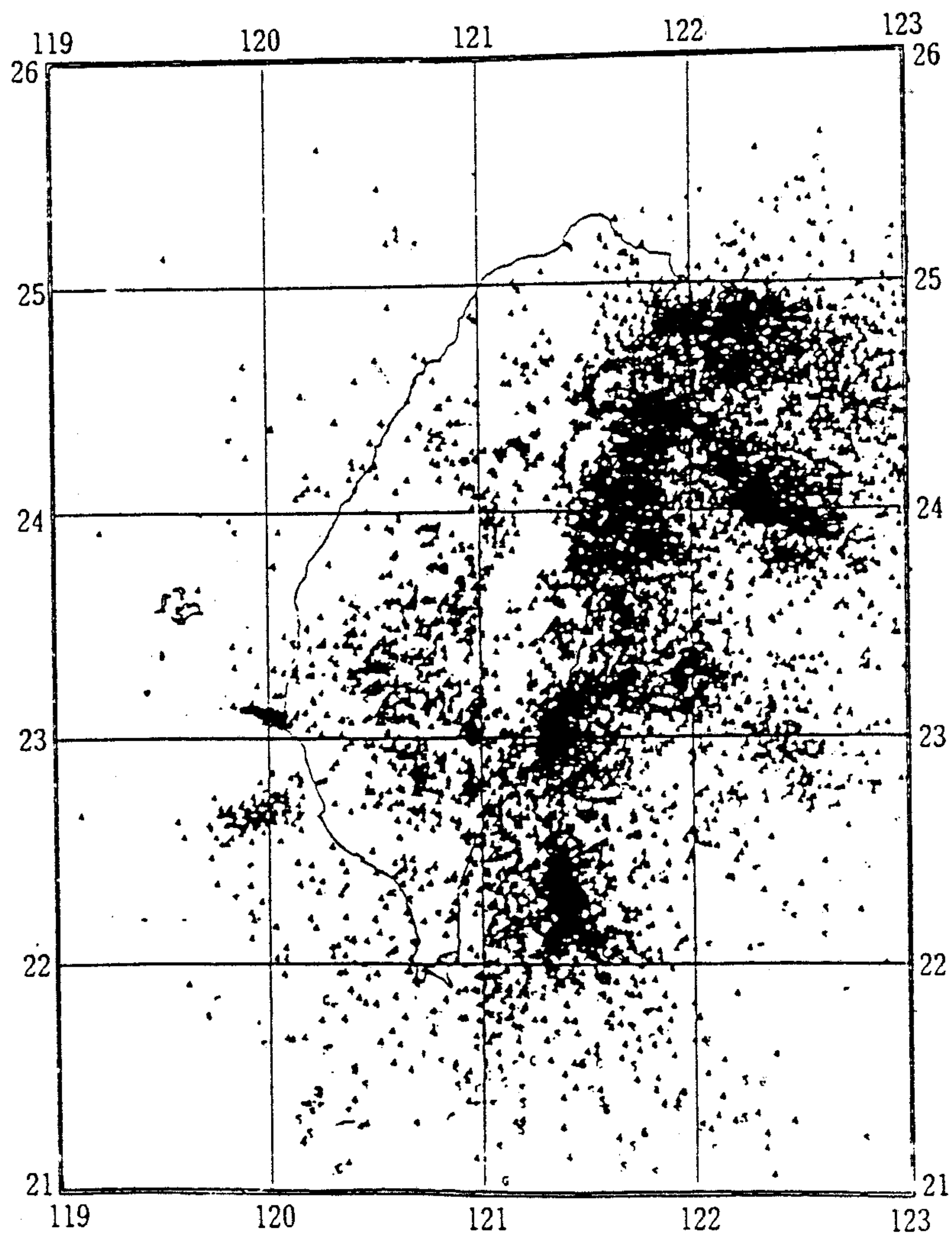


圖 2-3 風化作用的氣候控制圖
(L. C. Peltier, 1950)



資料來源：中央氣象局

圖 2-4 臺灣地區震央分布圖

沙灘 (Beach) 乃波浪作用所及處之堆積區 (King, 1959)。淺海區之沙灘寬闊；深海則狹窄。本區面臨太平洋，是以沙灘寬度極小，在南界處只有數公尺，中段最寬也只有50公尺左右。由於沙灘狹，而太平洋之波浪又大，故高潮或颱風時，波浪可以直淘山坡坡腳，造成岩岸之侵蝕和崩塌。本區海崖坡腳有海蝕洞、海蝕凹穴和崩落現象，都與波浪之侵蝕作用有關。所以，基本上本段屬侵蝕性海岸，海岸線正在持續後退中。但來自南澳溪三角洲的沈積物之補充，則具有緩和海岸侵蝕作用強度之功能。

本段沙灘係以礫石為主，可稱為礫灘 (Shingle)，乃波浪之能量大，將細顆粒沈積物刷洗而去之結果。礫灘之海底坡降大，依和平附近之資料，近岸 (0~20m處) 海底坡降約1:5，即距岸邊10公尺處之海深即達2公尺，稍有不慎即有滅頂之虞，故不宜嬉水。

海岸水深亦可從浪花 (碎波) 於逼近水涯處方才出現的現象研判而得，蓋海水之圓周運動於水深為其波長二分之一 ($L/2$) 處即觸底，而使波峰之行進速度大於波形，終因懸空無所支撐而崩潰 (collapse) 形成浪花，即破浪是也。本區附近海域之波長可達百公尺 ($L=5.12T^2$, $T=5\text{sec}$)，其浪至岸邊方破，即可推知本區海底坡降甚急，乃危險之海岸。

本段海灘甚狹，上有落石，下有強勁海浪，使本區之海岸線具有不確定之危險性。

3 · 地形、地質分析

3 · 1 · 地形分析

本研究區之地形，依其特徵，可分為四區（圖3-1）。

I 區——本區最北段屬南澳溪之三角洲集水區。由海岸山之北向坡與瞭望台山之東向坡所組成；其中瞭望台下之東向坡稍陡，為片岩之斜交坡，接近六級坡之上限；北向坡為黑色片岩之片理面順向坡，坡度稍緩，屬四級坡。本區之邊坡之穩定度尚佳，植被良好。

本區在南澳溪三角洲之影響範圍內，其地形發育不受海水作用之影響。

II 區——本區位於本研究區東向臨海斜坡之北段，為長約3,000公尺之狹長峭壁區，亦稱「萼溫斷崖」。全區地形陡峭，屬七級坡（ $>100\%$ ），落石型；山腹間有地下湧水而成小型瀑布；坡腳局部有崩積層之堆積，沙灘上並有崩落之巨型岩塊。由之可知本斷崖之落石作用頗為盛行，坡腳岩壁有海水侵蝕而成的高十多公尺之淺盆狀凹壁。

以上地形現象顯示本區邊坡乃處於不穩定狀況下之極高度敏感區，遊客與釣客都應避免靠近，以免受到落石之傷害。

蘇花公路通過本區之南段，其上邊坡亦為峭壁，有落石之虞。

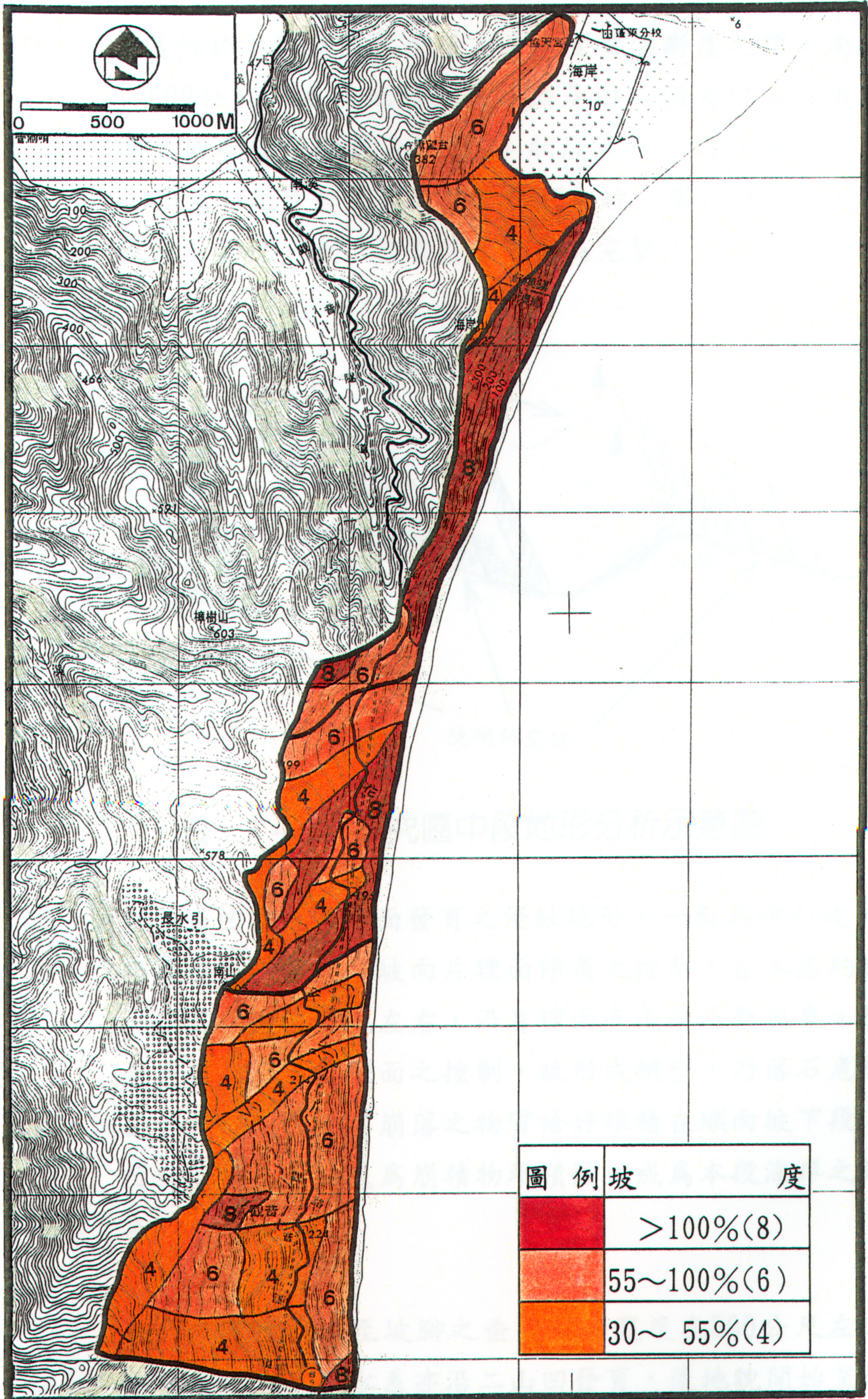


圖 3-1 地形分區及坡度分布圖

III區——本區位於本研究區之中段，南山至萼溫斷崖之間，南北長約1,600公尺。本段地形上之特徵是由二個大型山凹所構成，共三面峭壁（坡度 $>100\%$ ）狀陡坡和二面順著約 30° 傾角（ 60% ）之片岩片理面發育之順向坡（圖3-2）。此種規則性地形變化，表示其岩盤構造尚為完整。

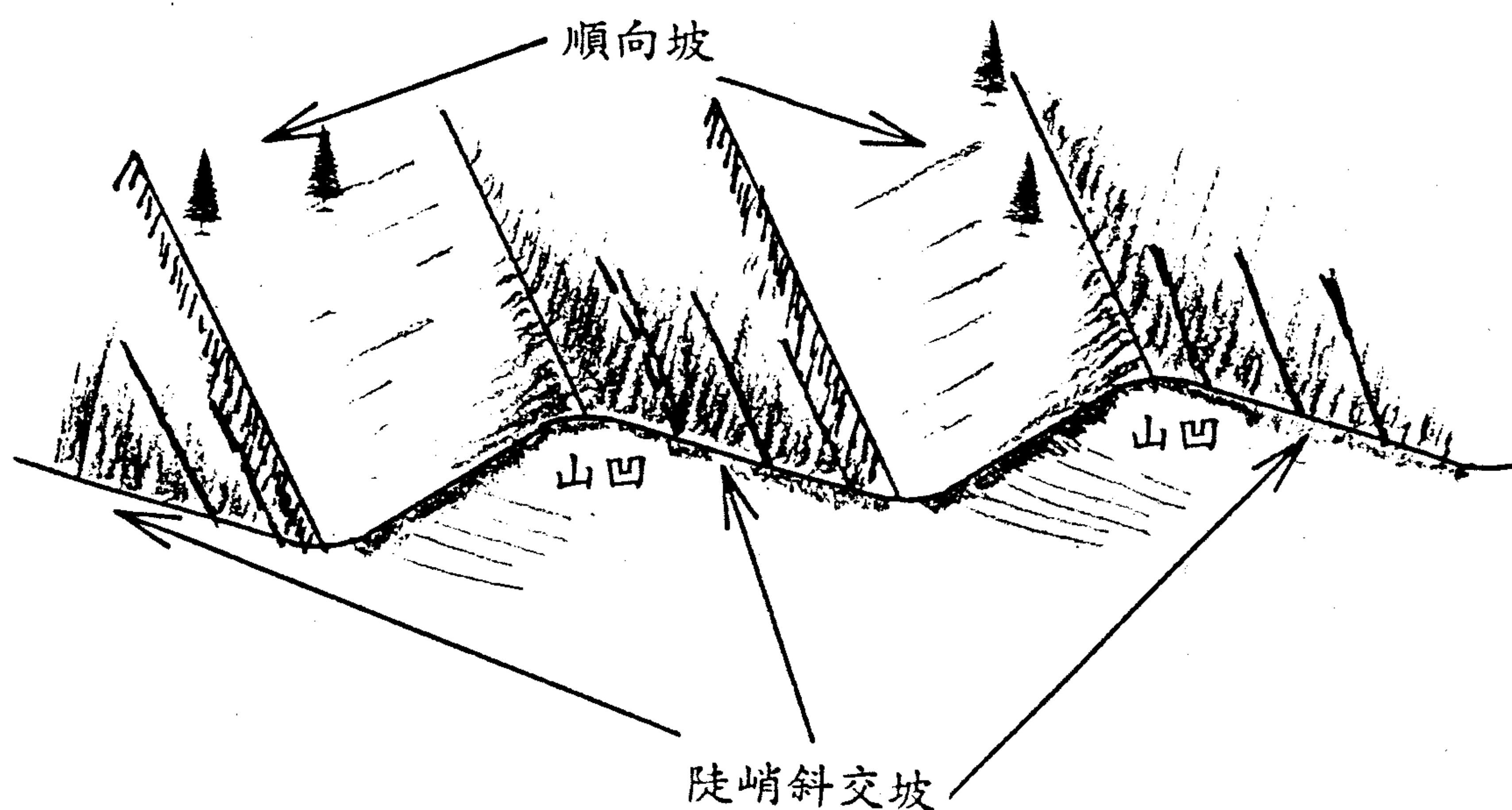


圖 3-2 研究區中段地形分析示意圖

山凹係沿片理面發育之侵蝕地形，一面為順向坡，另一面為斜交坡。順向坡向片理面傾角之控制，在本區約為 30° ，故其坡度在 60% 左右，沿片理面有淺層滑動現象，斜交坡受岩體內垂直節理面之控制，故形成峭壁，乃落石危險區。由於地形關係，其崩落之物質恰好堆積在順向坡下段，故其位於海邊之谷口成為崩積物堆積區，成為本段海岸之地形特色。

本段自嶺線至坡腳之垂直投影寬度在500公尺左右，集水面積增大，故水系亦沿二山凹發育，使地貌開始呈起伏變化，海岸線亦呈犬牙交錯狀，與II區之平直呈明顯對比。

濱線高度的海蝕洞之發達乃本段海岸的另一項特徵，乃強大海浪沖蝕力、軟弱岩性（黑色與綠色片岩）以及與海岸線直交之片理面三項要素組合之結果。

IV區——本區位於本研究區之南段，南北長約2,600公尺，寬度約1,000公尺，為本研究區中面積最大者。全區有四個明顯之山溝，蝕溝亦頗發展，乃III區地形特徵之強化。全區地勢複雜，除近嶺頂處有南北狹長之四級坡（30%~40%），山腹亦有大面積之四級坡，上覆厚度不一之崩積層。

本區地勢複雜乃因岩層破碎、多侵蝕和崩塌作用所致。是以本處邊坡多崩積層，呈不規則之分佈，順此不規則山坡而蜿蜒之蘇花公路觀音段即因局部在此崩積層和不穩定岩體上，使觀音段為路基下陷區。

綜合以上本研究區地形之分析，可知：四個地形分區各有特色。

I區—邊坡穩定，植被覆蓋良好。

II區—連續狹長峭壁、落石頻仍、海崖平直。

III區—片岩緩順向坡與陡斜交坡交互出現海岸，稜谷出入有緻，且多海蝕洞。

IV區—地勢複雜多崩積層，故地表崎嶇之緩坡特別發達。

3 · 2 · 地質

1. 岩層：本研究區之構成岩層屬古生代晚期至中生代之大南澳片岩。岩層以黑色片岩為主體，夾綠色片岩、砂質片岩和變質石灰岩（大理岩）之薄層（圖3-3），其空間分布不甚規則。

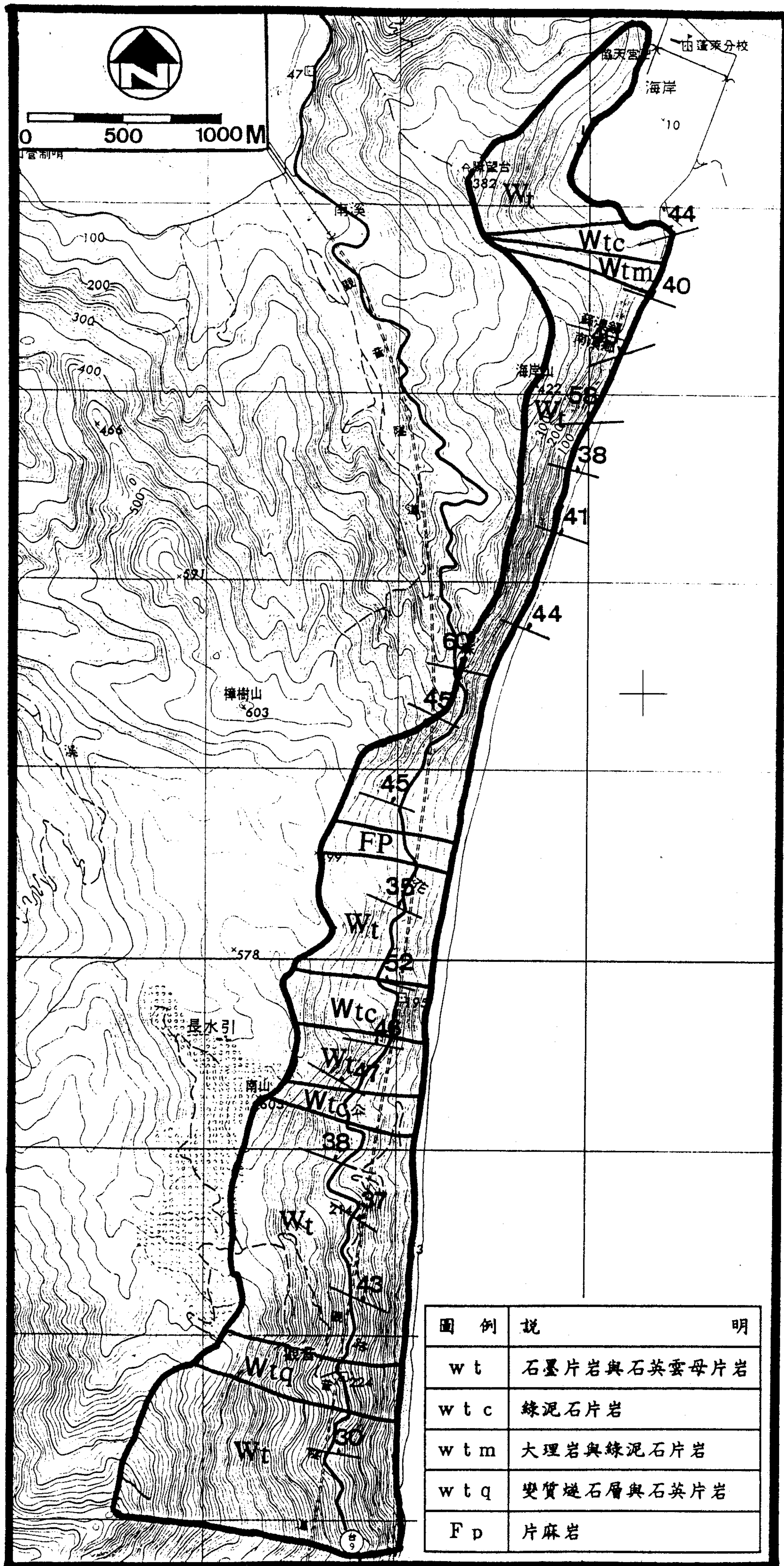


圖 3-3 研究區地質圖

綠色片岩以凸鏡體狀出露於本區，厚度皆不逾十公尺；變質石灰岩薄層則見於觀音附近；觀音北迴鐵路施工道路上有變質石灰岩之露頭，觀音海崖岩壁上並見有類鐘乳石之倒懸錐狀沈澱物，而南澳海邊綠色和黑色片岩之崩積角礫間隙亦沈澱有方解石礦物，表示變質石灰岩在本區應有零星而廣泛之分佈。野外調查顯示中央山脈變質石灰岩主體之北界在谷風，即在本研究區南界之南約四公里處。

2. 構造：本區岩層之片理層態大致呈同斜構造；片理面之走向近東西向，向北傾斜，傾角在 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 左右。

岩層構造在南山以北（I、II、III區）係比較整齊之同斜構造；其南（IV區）則因岩層遭受較大之擠壓作用，而呈顯比較複雜之層態。例如在觀音北迴施工道路上所見之變質石灰岩層即呈形狀頗為特殊之圓弧型褶皺，而觀音海崖亦見有小型及微型褶皺。

4 · 環境地質與地質災害

4 · 1 · 環境地質分析方法

1. 「潛在敏感區」評估系統：

(1) 敏感區評估原理及評估參數：

①一個地區的物理環境敏感度係氣候、坡度、地形作用、岩質、地質構造、土壤和植被等七個因子之函數。因此，此七項因子遂為調查和評估某一地區的環境敏感度的參數 (Parameters)。

②氣候狀態是土地系統的外在刺激因子之一，其刺激力之大小，對系統的安定有影響。惟對一特定地區而言，氣候狀況之變域趨於一定，而且土地系統內因子對氣候因子之長期調適之後，已趨於動態平衡。因此，在一特定地區內，如太平山遊樂區做環境敏感度分析時，可將氣候因子視為一常數，而不必特別考慮。

雖然由於山脈走向和高度會使迎風面和背風面的氣候狀態略有不同（即所謂的微氣候），但系統內外因子既已達成動態平衡，故此微氣候問題亦可略而不計，而不致影響評估結果。

③地表植被對地表穩定度具有保護作用，因此植被破壞常會引起邊坡不穩定現象。惟在一未經人工破壞之地區，植被乃環境現狀一個良好的指標，即：一地形面之植被若甚良好，則雖然其他條件較差，也表示其環境現狀仍甚穩定。雖然如此，其他因子所顯示的潛在不穩定度卻仍然存在。

因此，在環境敏感度評估時，植被僅做為評估現狀不穩定度之指標，而不作為評估敏感度之參數。

④根據以上之討論，本研究係以a. 坡度b. 地形作用c. 岩質d. 地質構造和e. 土壤等五項因子做為調查和評估的參數。

各參數之分級如表4-1~4-6所示。

表 4-1 坡度分級

坡度序數	坡度級別	土地單元坡度變域(%)
0	一級坡	≤ 5
1	二級坡	5 ~ 15
2	三級坡	15 ~ 30
4	四級坡	30 ~ 40
	五級坡	40 ~ 55
6	六級坡	55 ~ 100
8	七級坡	> 100

表 4-2 地表現象分級表

等級	地表現象
1	不顯著
2	小沖蝕溝
3	中沖蝕溝
4	大沖蝕溝
5	舊崩坍地、煤渣堆
6	新崩坍地

表 4-3 岩體之工程性質分類

岩 類	工程性質等級	岩 石 名 稱 及 其 代 號	備 註
沉 積 岩	I	堅硬砂岩($R > 2$)(s); 緻密石灰岩(l); 膠結良好之礫岩($r > 2$)(c)	塊狀岩石 $R = \frac{\quad}{\quad}$
	II	膠結不佳之砂岩、砂頁岩互層($R < 2$)(s)、頁岩(b)、泥岩(m); 多孔狀石灰岩(l); 凝灰岩(t); 高位臺地礫石層或膠結不佳之礫岩(c)($r < 2$); 硬岩之破碎者(f)	層狀岩石 卵石 $r = \frac{\quad}{\quad}$ 砂土
火 成 岩	I	熔岩、侵入岩體(v)、固結良好之火山碎屑岩(μ)	I—硬岩
	II	固結不佳之火山碎屑岩(μ), 熱液換質(h)	
變 質 岩	I	片麻岩(g); 大理岩(m); 石英片岩(q); 板岩(sl)、千枚岩(k)、黑色片岩、綠色片岩(n)	II—軟岩
	II	構造擾亂帶、破碎帶、劈理發達之板岩、千枚岩(k)、黑色片岩、綠色片岩(n)	

例：I s 堅硬砂岩，需用炸藥開挖。

II t 凝灰岩，可用機械開挖。

II k 破碎板岩或千枚岩，可用機械開挖。

表 4-4 山坡岩層構造分類

代 號	坡 面 類 型
0	非斜坡(無層理岩體)
1	斜交坡
2	反向坡(崖坡)
3	順向坡(傾斜坡)(岩層傾角 $> 10^\circ$)
4	破碎帶(不連續面極發達，使地質構造因子不彰顯者)

表 4-5 工程土壤厚度分級

代 號	土 壤 厚 度
A	< 1 m
B	1~4 m
C	> 4 m

表 4-6 工程環境地形與地質序數表

地形因子			地質因子		
序數	坡度(%)	序數	侵蝕度	序數	地質組合
0	≤ 5	1	坡面平整	1	I 0A, I 1A, I 2A 【 I 3A(無自由端者)】*
1	5 ~ 15	2	蝕痕	3	I 0B, I 1B, I 2B 【 I 3B(無自由端者)】 II 0A, II 1A, II 2A 【 II 3A(無自由端者)】
2	15 ~ 30	3	淺槽	3	I 0C, I 1C, I 2C 【 I 3C(無自由端者)】 II 0B, II 1B, II 2B 【 II 3B(無自由端者)】
4	30 ~ 40 40 ~ 55	4	深槽	4	I 3A, I 4A, II 0C, II 1C, II 2C 【 II 3C(無自由端者)】
6	55 ~ 100	5	舊崩塌地、煤渣堆	5	II 3A, II 4A, I 3B, I 4B
8	> 100	6	新崩塌地	6	I 3C, I 4C, II 3B, II 4B, II 3C, II 4C

(2) 評估程序：

- ① 依據各個參數值之分布圖，將研究區劃分成若干均質區，區內各參數之值皆在有限之變域內，而可視為均質 (Homogeneous)。此等均質區稱為「土地基本單元」，簡稱「土地單元」，乃構成本區土地之細胞。
- ② 次依表4-1~4-6之準則及圖4-1之資料處理流程，計算每一土地單元之「環境風險率」，再依表4-7之準則轉換成「環境敏感度」而完成製圖作業。

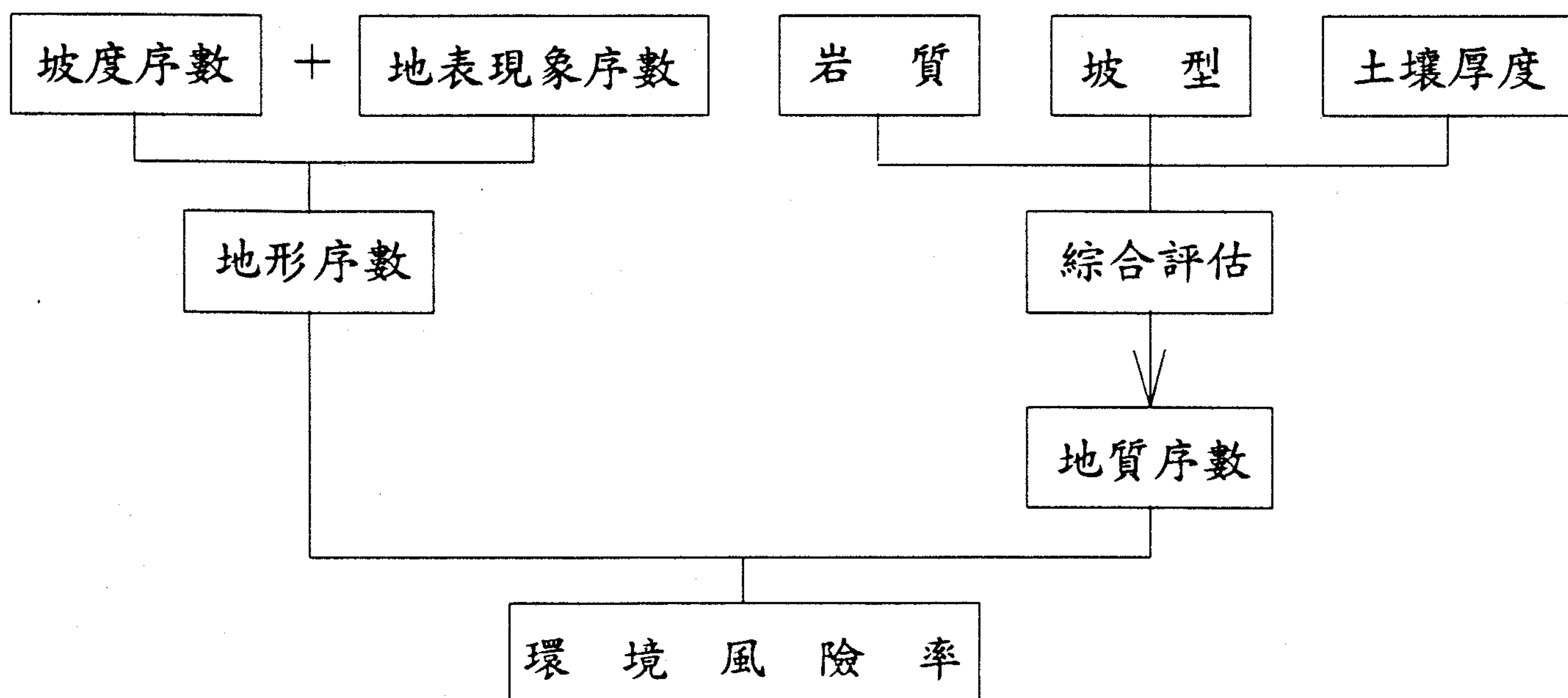
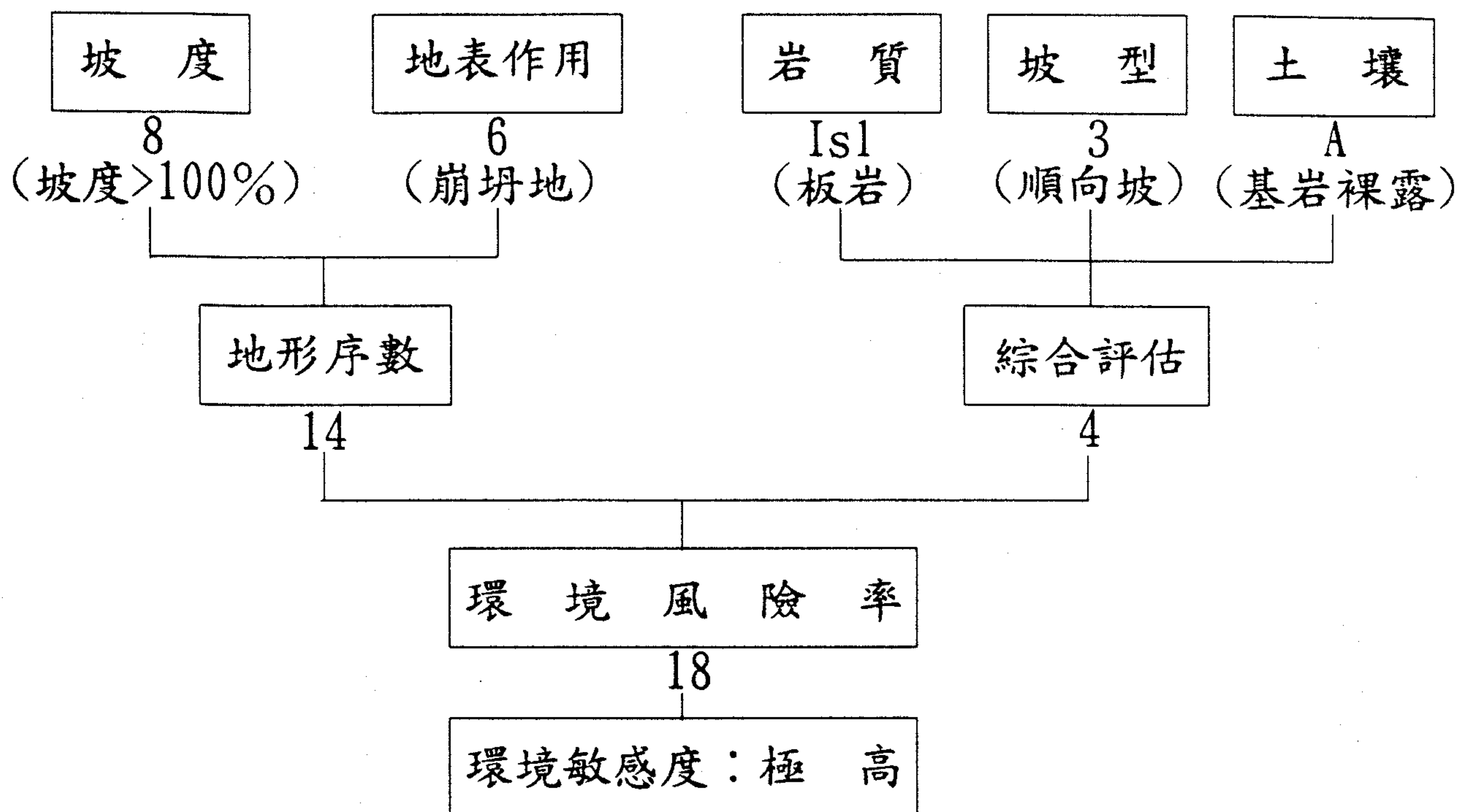


圖 4-1 資料處理流程圖

③茲舉一例說明上述資料處理過程。今有一土地單元，其五項參數根據調查結果如下：



④敏感區分級及土地利用限制

本研究區依上述之評估方法，得出各土地單元之環境風險率。風險率越高，即表示敏感度越高，其間之關係如表4-7所示，其土地利用潛力如表4-8所示。

表 4-7 環境敏感度分級表

環境風險率	環境敏感度
≤ 5	1 (極低)
6~ 7	2 (低)
8~ 9	3 (中)
10~11	4 (高)
≥12	5 (極高)

表 4-8 環境風險率與土地利用潛力

土地利用潛力		環境風險率
安全使用區		≤ 5
限制使用區	高密度建築區	6~7
	低密度建築區	8~9
	公園綠地	10~11
保護區		≥ 12

4.2. 環境地質與地質危險類型分析

依照前述環境地質分析方法，本研究分析全區環境敏感度之空間分布，如圖4-2所示；各地形分區之環境敏感度面積與百分比統計則如表4-9。

表 4-9 環境敏感區分級統計表

地形分區	環境敏感度	高	極高	總面積
	環境風險率	10-11	≥ 12	
I	面積	0.318	0.473	0.791
	百分比	40.2%	59%	100%
II	面積	0.161	0.638	0.799
	百分比	20.2%	79.8%	100%
III	面積	0.076	1.116	1.192
	百分比	6.4%	93.6%	100%
IV	面積	1.124	1.351	2.475
	百分比	45.4%	54.6%	100%
總計	面積	1.679	3.578	5.257
	百分比	31.9%	68.1%	100%

面積單位：平方公里

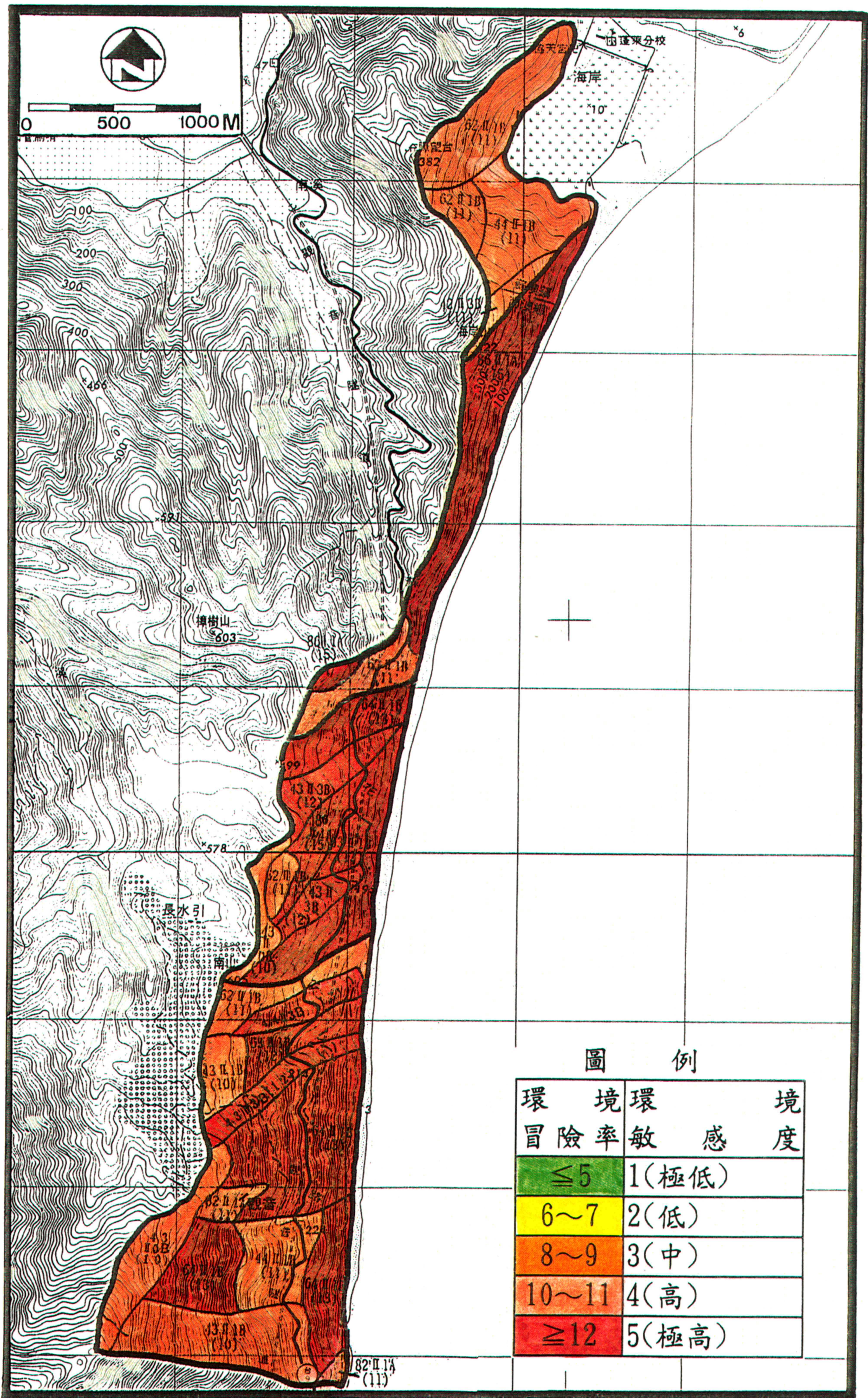


圖 4-2 環境敏感地區分布圖

此外，山坡潛在地質危險 (Geologic hazards) 之類型亦可根據表4-10所列土地單元之地形序數與地質序數推衍而出，因而據以劃定本研究區各在潛在地質危險之空間分布圖，如圖4-3。

根據以上各項分析結果，可得出以下有關本研究區之環境地質特性與潛在地質危險之結論：

1. 本研究區之環境敏感度「極高」者佔全區面積之68.1%，其餘31.9%，屬「高」敏感度，故知全區劃為保護區，從環境地質觀點言，亦屬合理。
2. I區之大部分屬順向坡，但在片岩區，片理之連續性不大，故只有淺層之沿片理面發生之淺層平面型地滑，一如在III區蘇花公路上幾處大轉變處所見之裸露崩塌地。

惟本區之坡度較緩，且植被良好，故邊坡穩定現狀尚佳。

3. II區為連續斷崖區，全區之環境敏感度皆屬「極高」。具岩屑滑落與落石之潛在危險性。由於本區之組成岩石以黑色片岩為主，容易風化成較細顆粒之物質而沿山坡滑落，而非以大石塊墜落，故其危險性不如清水斷崖等大理岩分布區之大，然因難免挾雜石塊，故其嚴重性仍不容忽視。

職此之故，蘇花公路在II區之部分以及III區相類似之高敏感度之陡坡區內皆不宜逗留；而於其海岸區，人不可靠近海崖下，以免遭到不時滾落或墜落之岩塊之傷害。

表 4-10 山坡地潛在崩塌地類型之評估準則

	辨識 崩山 類型	土壤 厚度	山坡岩層 構造	岩質	坡面侵 蝕 度	坡 度 %		* 高差 (m)	** 不連續 面傾角 (°)	備 註
						本坡	下 坡			
山 崩	落 石	A	—	I	—	≥7	—	>10	≈90°	
	岩石滑移	A,B	3	II	—	≥2	>地層傾角	—	>40°	薄互層
	岩屑滑落	A,B	1,2,3	II	—	≥7	—	—	—	
	岩屑滑崩	C	—	—	—	≥7	—	>5	—	
地 滑	平面型地滑	A,B	3	I	—	≥4	>地層傾角	—	—	厚層
				II	—	≥2		—	<40°	
	弧型地滑	C	—	—	—	≤3	>4	—	—	限坡緣部分
		—	4	II	—	>4	—	—	—	淺滑動面
	楔型地滑	A,B	兩組不連續面交線之順向坡	I	—	—	>不連續面傾角	—	—	
	翻轉地滑	A,B	2,3	II	—	≥7	(≥7)@	>3	>60°	
重力拱曲	A	2,3	II	—	≥7	—	>3	>60°	限頁(葉)理發達, 順向或反向坡有自由面	
潛 移	土壤潛移	C	—	—	—	≥2	—	—	—	限土壤、填方
	岩石潛移	A	2,3	II	—	≥7	—	>3	>60°	限頁(葉)理發達之表層風化岩石、順向、反向坡有自由面
土 石 流	C	—	—	—	≥3	≥2	—	—	—	一、二級河谷
沖 蝕	C	—	—	—	≥4	≥4	—	—	—	
		A,B	—	II	—	—	—	—	—	

* 高差指該土地單元之上限至垂直該區等高線之谷底的高差。

(張石角, 1996修正)

** 層面, 節理面等。

@ 限本坡非≥7時。

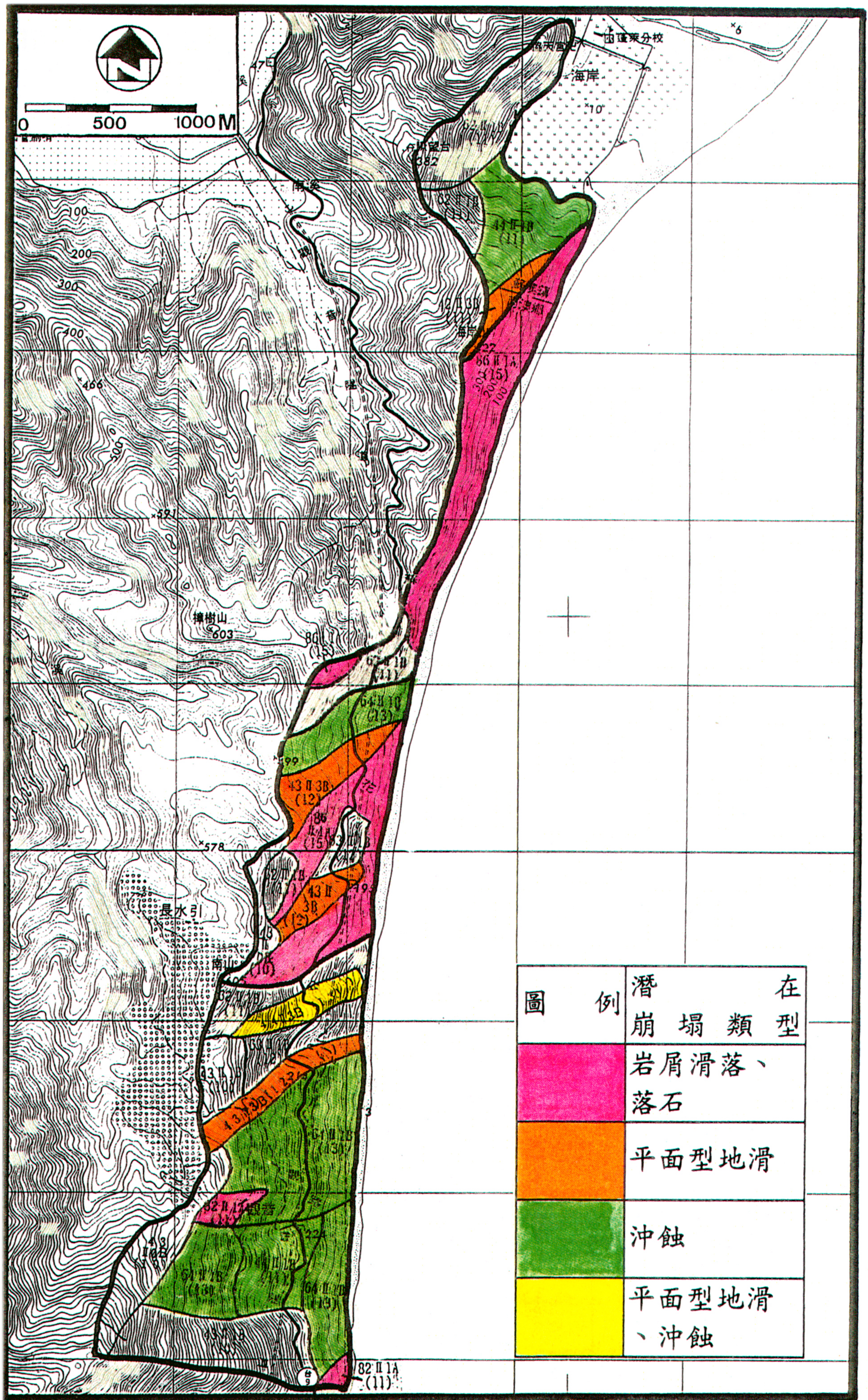


圖 4-3 研究區潛在崩塌類型分布圖

4. III區順向坡與陡坡區相間出現。陡坡區具落石等潛在危險已如前述，而順向坡之滑動速率較慢，且因其滑動會阻礙公路交通，故公路單位多已設有護坡工程，以降低其危險性。
5. IV區坡度較緩，故本研究區「高」環境敏感度者多分布於本區。本區地表沖蝕比較嚴重，崩積層之分布亦較廣，其潛在危險以土壤沖蝕為主，但對人類活動較無突發性之危險。是以蘇花公路觀音段雖有路基下陷問題，但其危險性自不如陡坡區之落石。

5 · 環境地質資源分析

5 · 1 · 土地資源

本研究區之環境風險率甚高，都超過土地開發利用極限，因此，除了產業道路通至嶺頂長水引、南山等區外緩坡開發區外，並無可供開發之空間，是以，亦無開發之壓力。

5 · 2 · 景觀資源

本研究區之山坡面向波濤壯闊之太平洋，但可供設置安全步道者，其坡度都在100%以下之地區。而在植被覆蓋良好之地區，如本研究區，其自任何地點向下展望，視線都會受到三層以上之樹木所阻。是以本區雖有太平洋之最佳景觀資源，卻無良好賞景據點(圖5-1)。

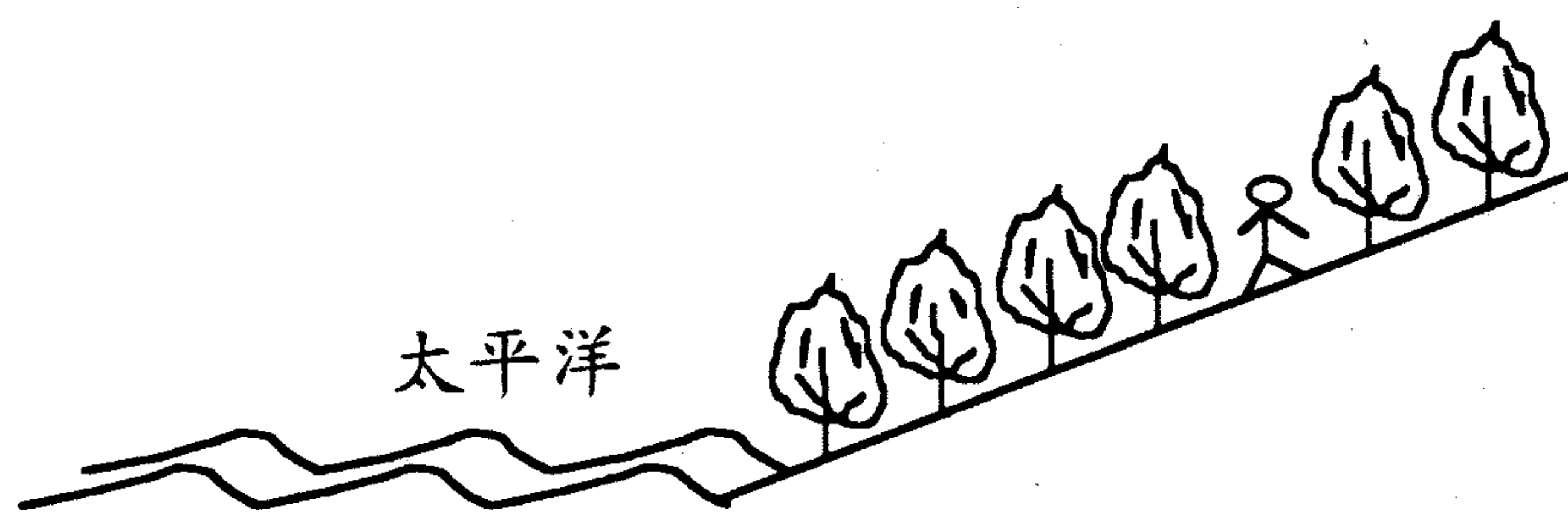


圖 5-1 坡度、植被與賞景據點示意圖

5 · 3 · 海岸地形資源

本研究區之海岸地形可分二類：一是北段萼溫斷崖，一是南段觀音稜谷交錯海岸。此二段海岸之造型和地形作用大異其趣，對照強烈，忠實反映地形作用之特色，故可為海岸地形教學資源。

茲將本研究區海岸地形特色及其成因分析於次：

1. 海岸坡度

山坡之陡峭或和緩，除岩性等地質因子之外，主要由分水嶺距其坡腳之垂直距離大小所決定：其窄者陡，寬者則超緩，如圖5-2所示。此因坡長相對於嶺線之高度，越短者，坡度越大；其等於嶺線高度者，則成懸崖。

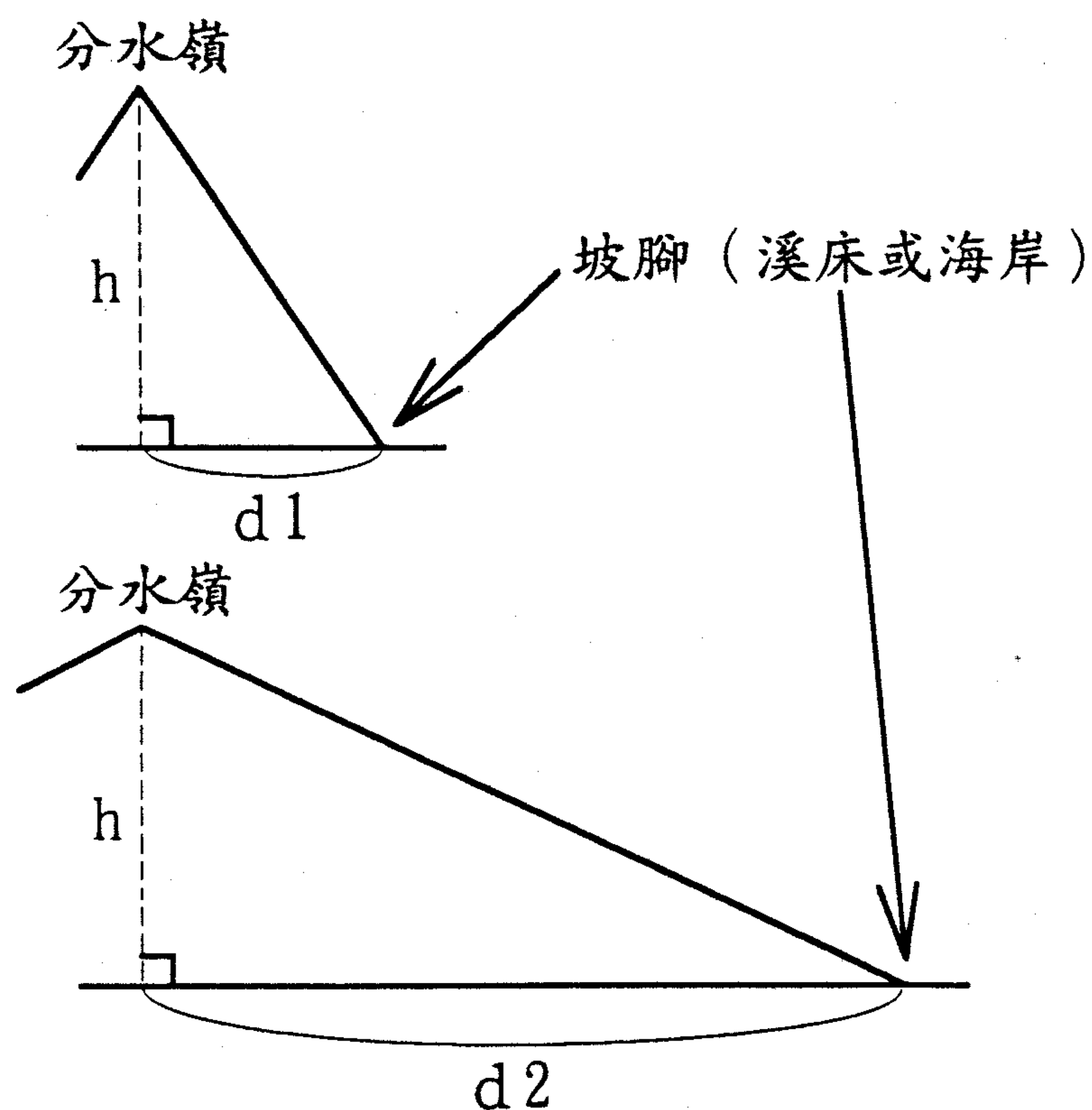


圖 5-2 嶺線與坡腳垂直距離與坡度示意圖

以II區之海岸山為例，其東向坡坡腳距海岸山約370公尺，為七級坡（ $>100\%$ ），而其西向坡者則為620公尺，為六級坡（ 70% ）。本研究區之海岸部分，II區最陡（萼溫斷崖）、III區次之，而IV區最緩，乃因各分區之分水嶺逐漸向西退縮（參看圖3-1）有以致之。

本研究區坡度之陡緩變化，皆可以同理証之。

2. 坡長與地貌

坡長越大者，其集水面積越大，相較於坡長短者，其地表之沖蝕度較大，故坡面之蝕溝、溪谷等較為發達（圖5-3）。

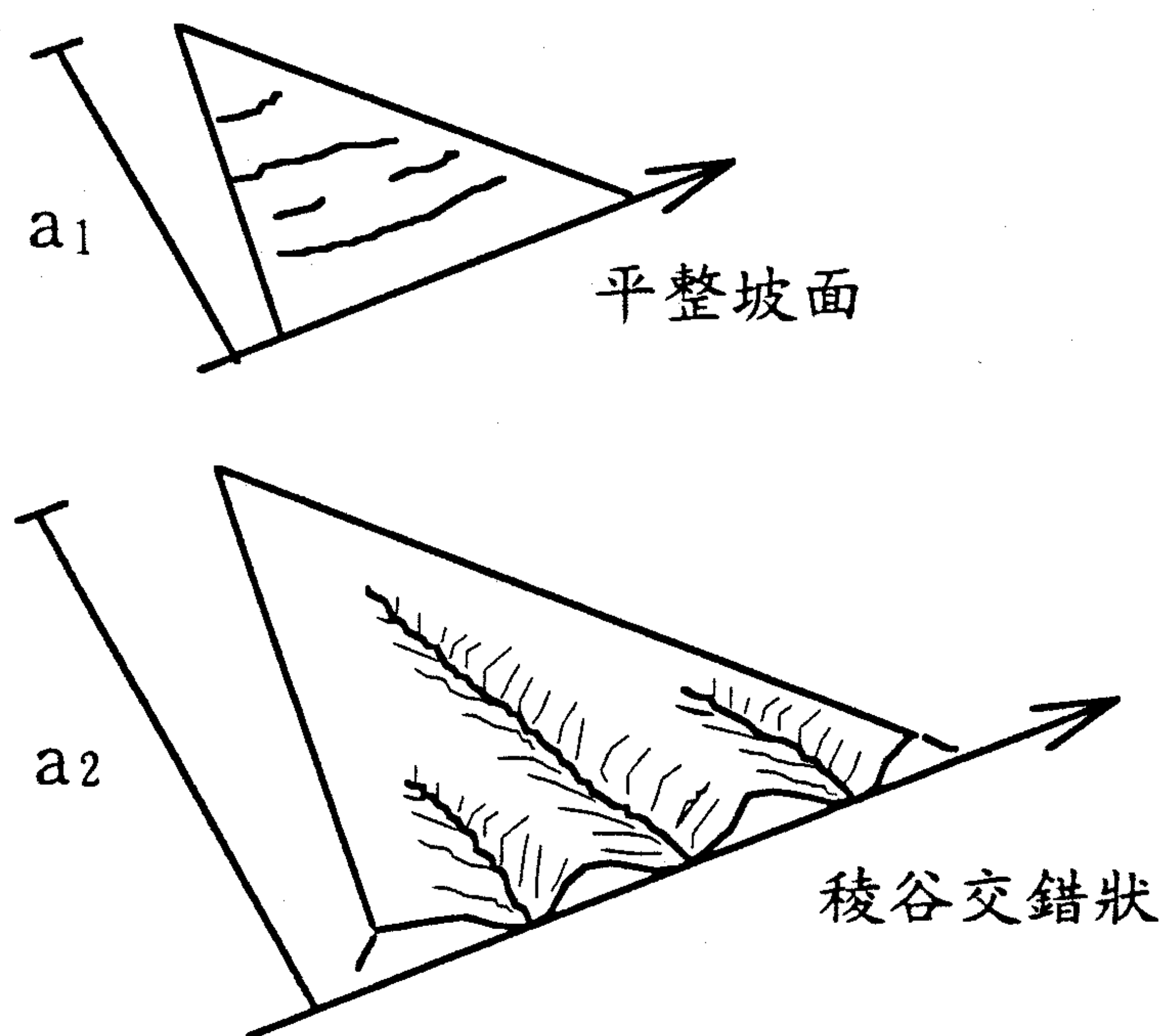


圖 5-3 坡長與蝕溝發達程度示意圖

本研究區內II區最為平整，而III、IV兩區則逐漸呈稜谷交錯之地貌（參看圖2-2），即為坡長逐漸加長，增加其集水面積和地表逕流量之結果。

3. 海蝕洞與溶蝕洞

III區海岸濱線附近岩壁上洞穴頗多，但其成因卻有二類：

- (1)溶蝕洞：數個洞穴沿同一片理面排列，圓形有如七孔笛。其位置高於濱線，故其生成顯然與海浪之侵蝕作用無關；而從洞穴中有地下水流出，故應為溶蝕洞，且其岩質應含有可溶性之鈣質，如薄層大理岩（圖5-4）。

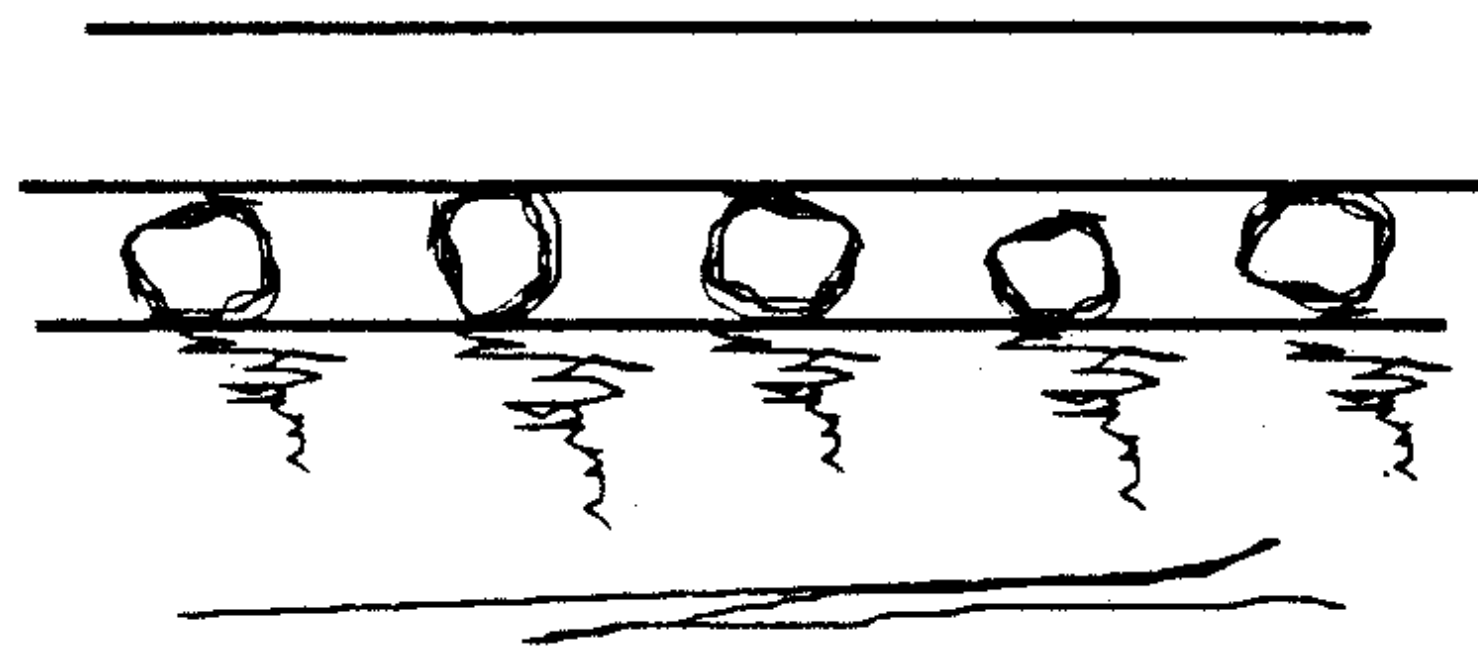


圖 5-4 溶蝕洞示意圖

(2)海蝕洞：海蝕洞頗為發達，皆為濱線高度之岩壁，故顯然為海浪侵蝕所造成。依洞穴之外形又可分為兩類：

①弧形洞—其發育不受片理之影響，純受波浪之沖擊力掘鑿而成。通常生成於岩質緻密均勻之岩壁。

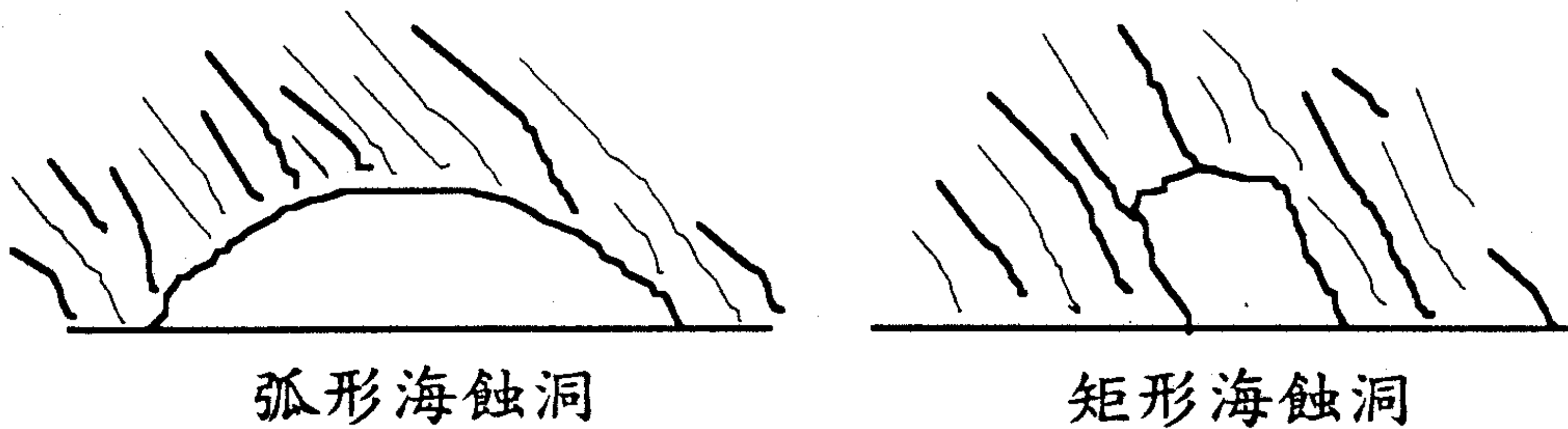


圖 5-5 弧形海蝕洞、矩形海蝕洞

②矩形洞—洞頂沿高傾角之片理面發展，故洞穴頂部部分乃沿片理發生崩塌現象而成。一般生成於高傾角片理或節理發達之海崖。

1. 變質岩類：本研究區由於植被覆蓋相當良好，故岩石露頭只見於蘇花公路、人工陡峭上邊坡北迴施工便道和上南山之產業道路，但露頭比較完整且較無落石等危險性者，則在III區之海岸，計有黑色片理、雲母片岩、綠色片岩、石英片岩等。而本段海岸為礫灘，有來自附近地區而經海水運動磨圓之各種變質岩類之圓礫，亦為採取岩石標本之理想地點。
2. 地質構造：本研究區之岩層片理雖然大致呈向北傾斜之同斜構造，但在III區內卻有各種褶皺型態之露頭，頗為奇特罕見。
 - (1)圓弧型褶曲：在北迴施工便道可看到大理岩層呈圓弧型褶皺之露頭。其生成之力學條件雖然不明，但顯然與大理岩之粒狀組織有關。蓋強度不同之岩體受到地殼之擠壓時，其反映程度大相逕庭。如大理岩、厚層砂岩等塊狀岩體通常呈較寬大之褶曲，而頁岩、片岩等則成緊密褶皺。

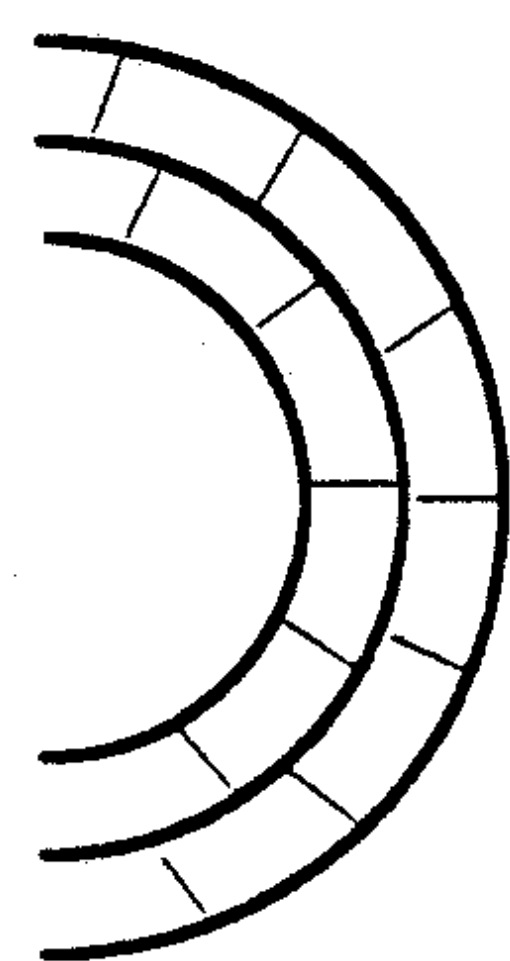


圖 5-6 大理岩圓弧型褶曲

- (2)小型及微型緊密褶曲：在III區海岸出露一造型奇特之變質粉砂岩背斜軸部，自地面約二公尺高，但自其周圍岩體構造觀之，其規模亦約如是（圖5-7）。

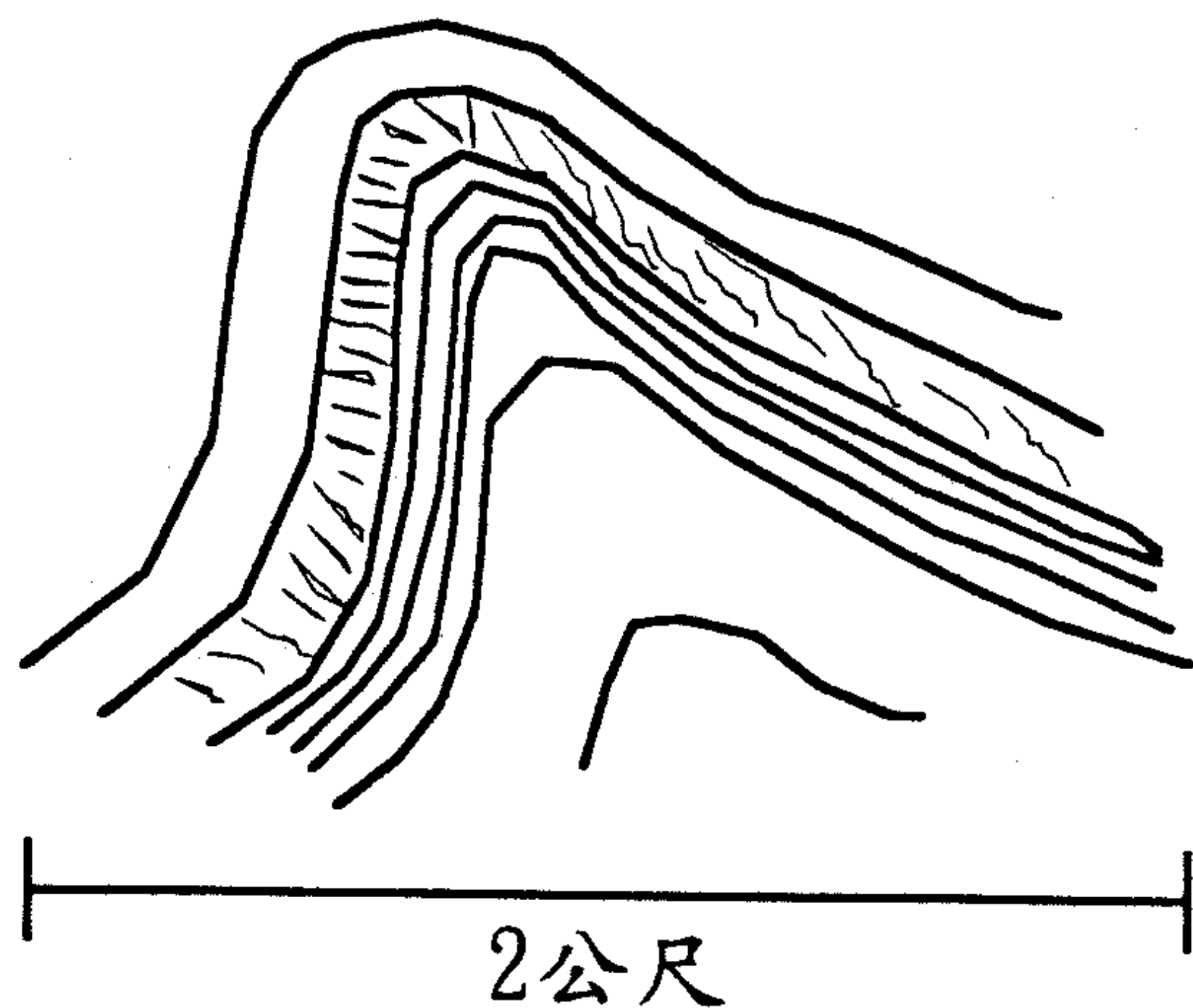


圖 5-7 變質粉砂岩小型褶曲示意圖

變質粉砂岩之組成物質以粒狀石英為主，其岩性使其在強大之擠壓力下，也不致形成微細之緊密褶曲，但泥質黑色片岩則可。例如於III區中，有一露頭顯示泥質黑色片岩成緊密微細褶曲夾於未受明顯褶曲之變質粉砂岩中（圖5-8）。此一現象之形成乃因泥質岩石之塑性大，於受擠壓時即發生褶曲變形，而粉砂質岩石在同一力場內，則僅受到壓密作用而已。

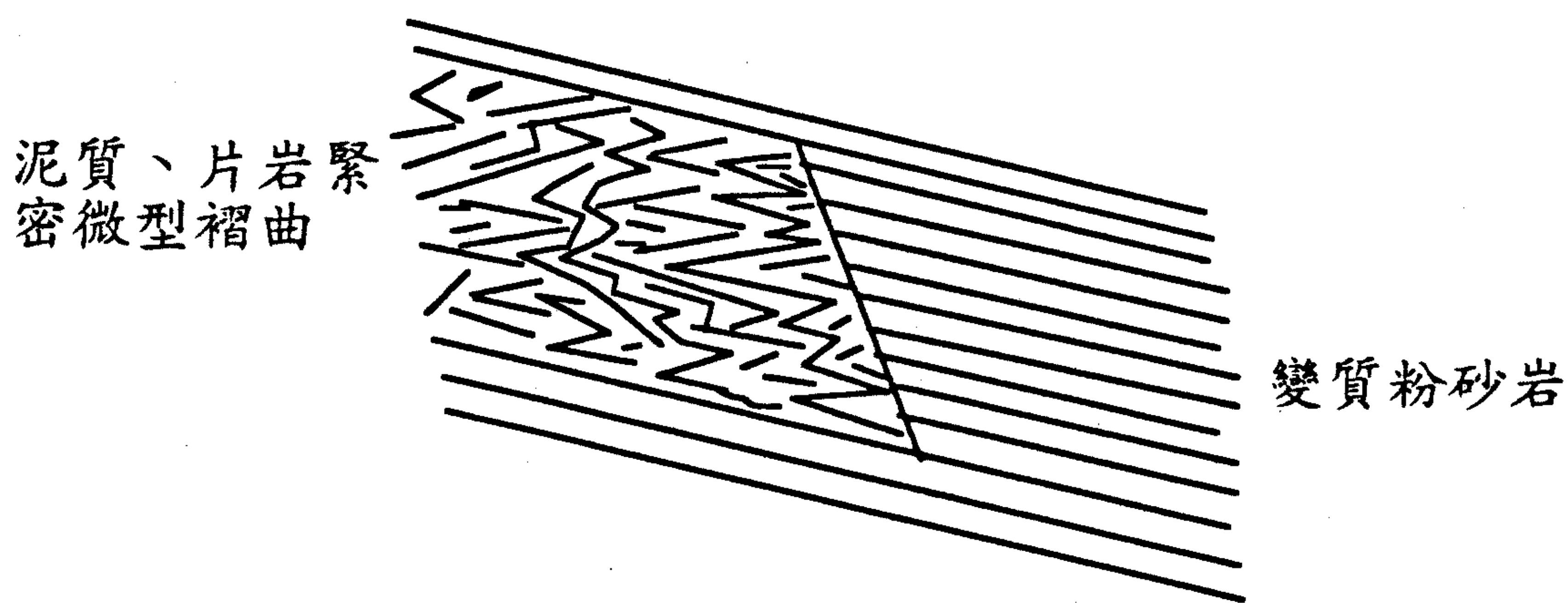


圖 5-8 非諧變質褶曲現象

本露頭所代表之變質作用至為罕見，應為珍貴之地質學教育資料。

(3)石灰華 (Travertine)：在III區海岸岩壁上局部有垂簾狀之石灰華結晶，乃石灰岩或大理岩地區偶可一見之現象。其乃溶解於地下水中之碳酸鈣從岩壁滲出時，附著於岩壁上之草根所成，亦為石灰岩地區之特殊景觀。

(4)方解石膠結而成之角礫岩塊：在II區斷崖下有直徑約二公尺之墜落岩塊，由黑色片岩、綠色片岩等崩落之角礫和方解石膠結物所構成。此乃表示在萼溫斷崖的崩積層中，流動溶有大量碳酸鈣之地下水。

6 · 結論

1. 本國有林保護區之自然環境條件不利於開發行爲，故擁有較高之自然度。
2. 本區或地勢陡峻或地貌複雜，依其特性可分成四區，在地質、地形、地形作用、環境資源、環境危險等各有其特性，故可爲環境規劃與管理之分區。
3. II區之萼溫斷崖以及其他陡坡區爲最具危險性之地形，人類活動應儘量避開或有適當之保護措施。萼溫斷崖下之海灘遊客、釣客不少，爲避免誤入其危險區，應在明顯之處豎立醒目之警示標誌，警告遊客勿近崖壁活動或休息，以免遭落石傷害。
4. 本區海岸浪大水深、海灘狹窄，遊客亦須特意提高警覺。
5. 本區山坡地形、地質資源不豐，但海岸之地形、地質景觀則頗富特色，乃珍貴之戶外教育資源，可立解說牌，或設爲解說據點，作一般地形學、海岸地形作用、變質岩、小型地質構造、地下水作用等之教學活動。

此等資源主要在III區前段，距道路終點約4.5公里，往返九公里，可作一天活動（圖6-1）。

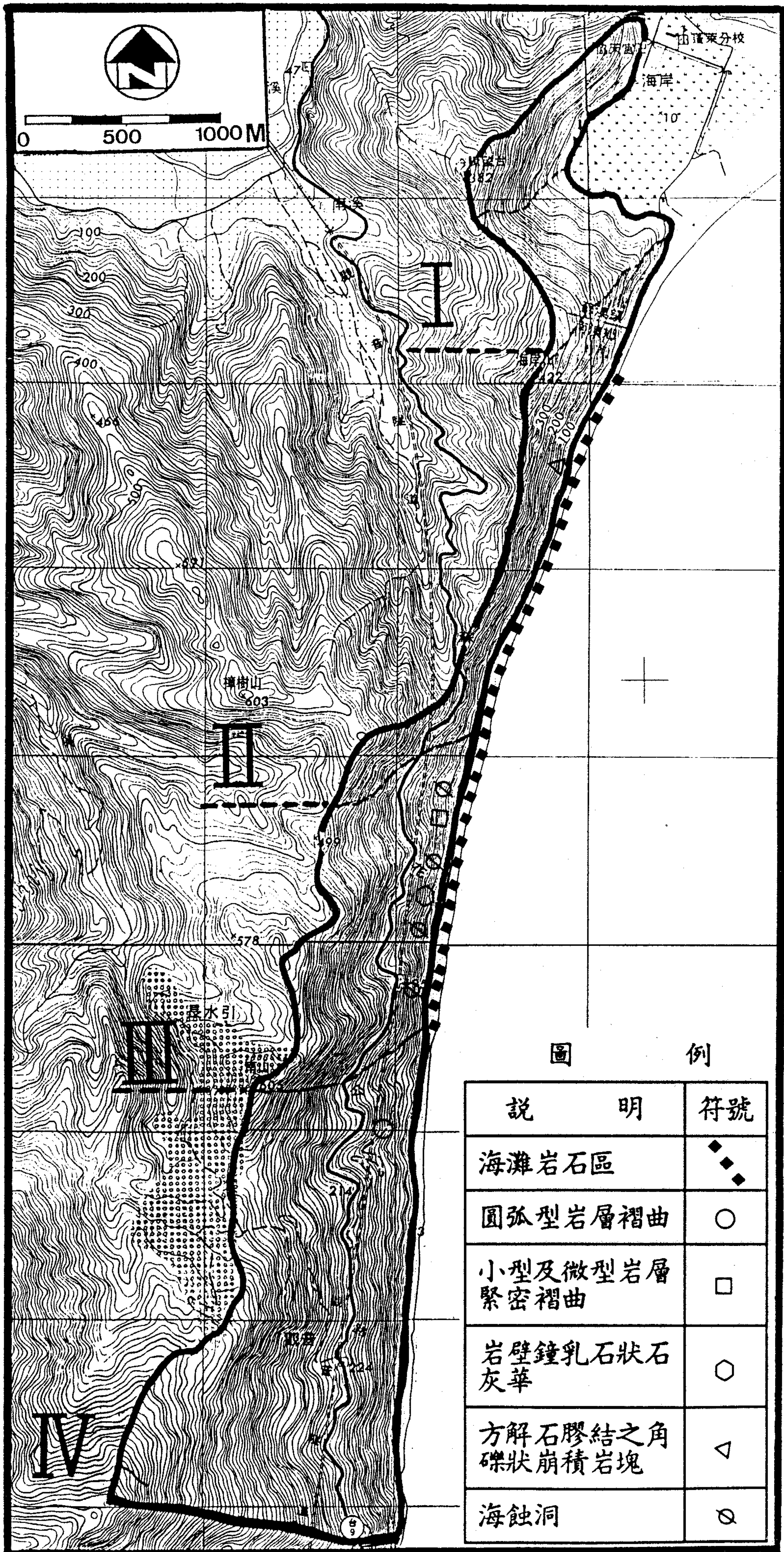


圖 6-1 研究區環境地質景觀資源分布圖



照片一·順向坡與陡坡相間區（III區），落石與小型平面型地滑，全區屬高敏感區。



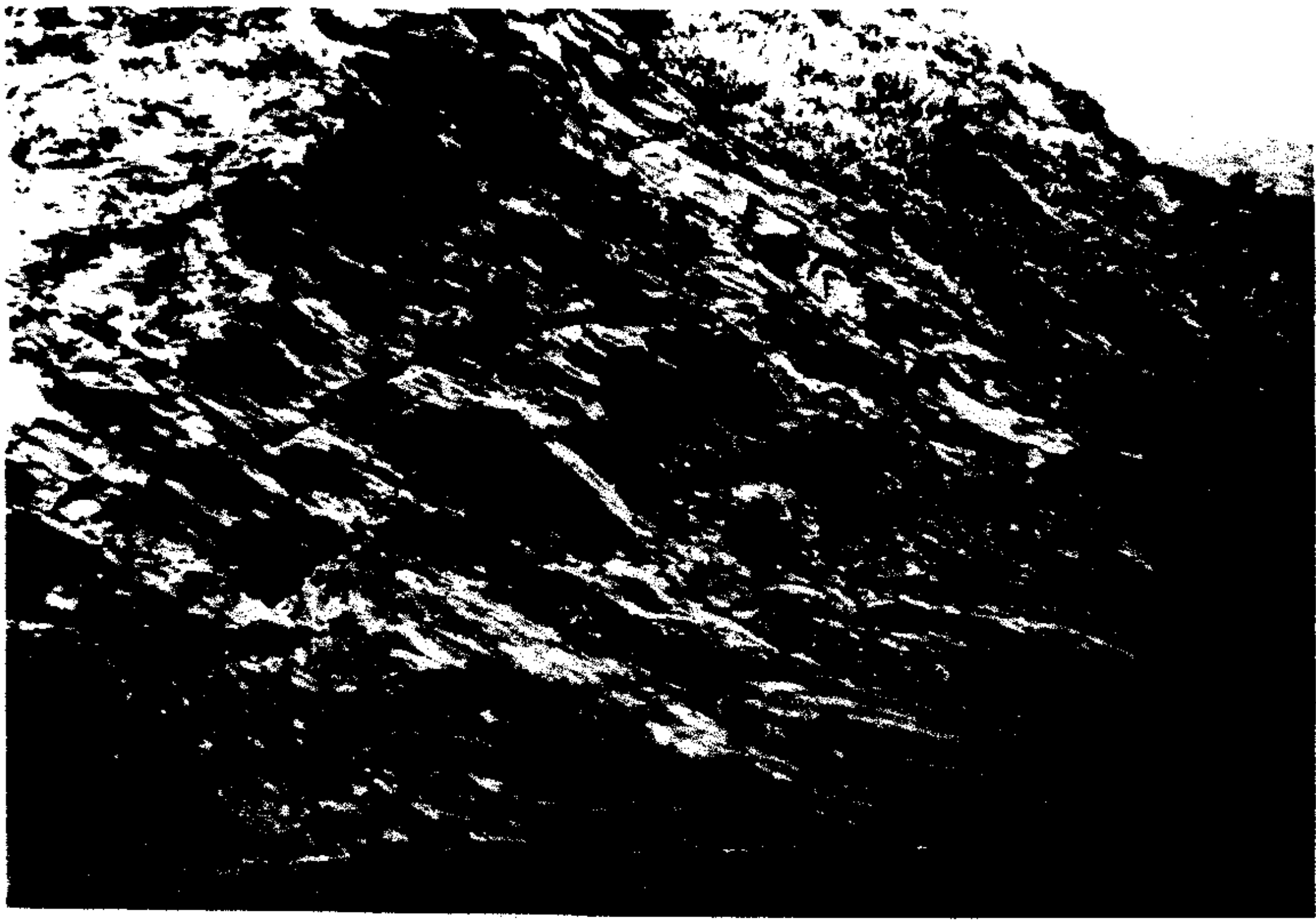
照片二·萼溫斷崖海岸（II區），全區坡度陡峭，落石頻仍，屬高敏感區。惟海灘寬闊，可及性高，故釣客、遊客頗多，應立遊客應遠離坡腳之警示標誌。



照片三·崩積層廣泛分佈地區（IV區），多緩坡地，地形雖複雜，但較無落石等高危險性邊坡崩塌現象。



照片四·順向坡（植被良好）與陡坡（岩盤裸露）相間區（III區）。陡坡區時有落石，且不易直接處理，故公路以明隧道保護行旅安全。



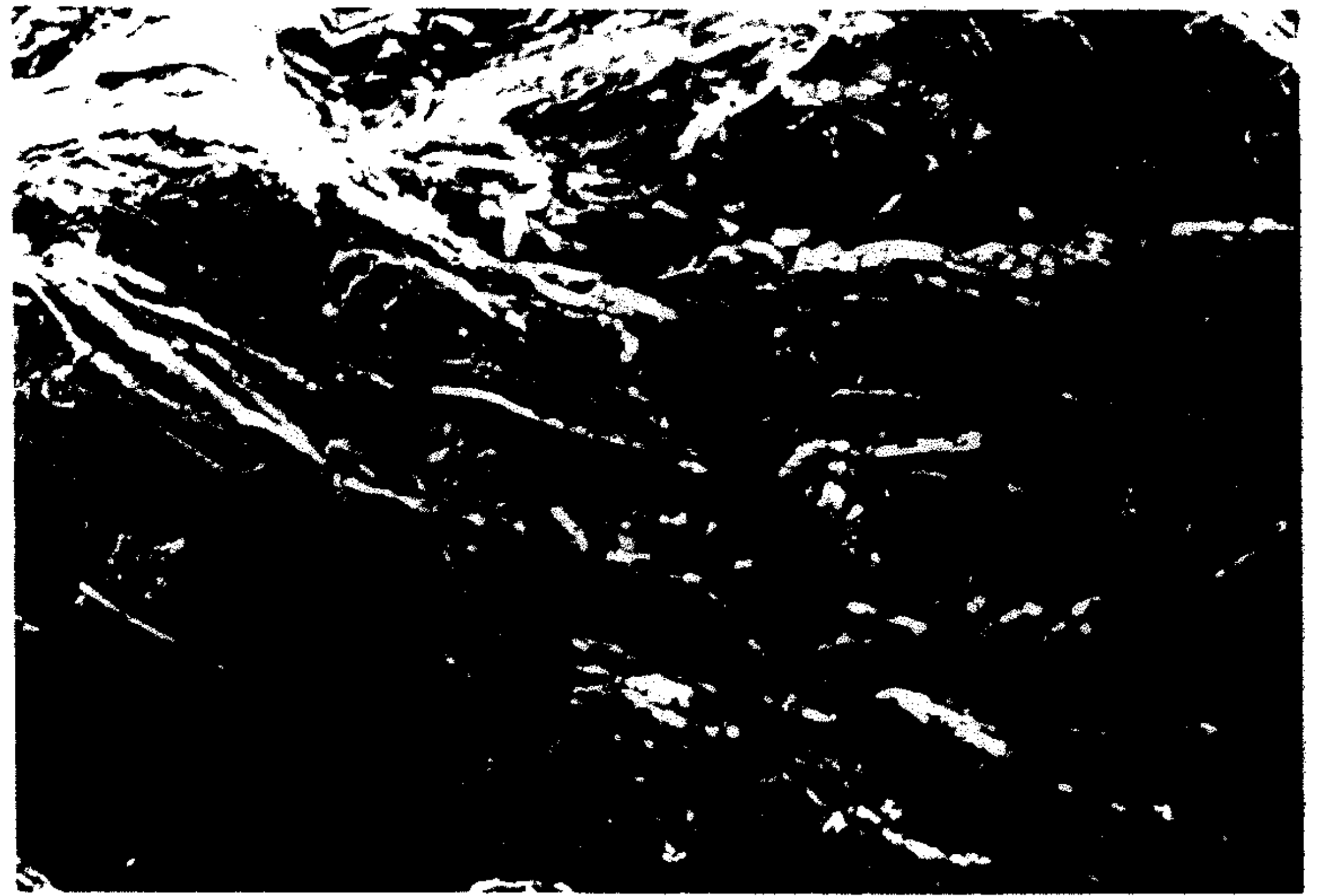
照片五·綠色片岩以薄層或凸鏡體狀夾於黑色片岩中，呈鮮艷之淡綠色，片理發達，容易風化崩塌。綠色片岩多由基性火山岩變質而來。



照片六·黑色片岩是本研究區之主要岩類，葉理發達，葉理面上富含雲母，反射陽光而呈耀眼之銀白色。



照片七·大理岩（變質石灰岩）以薄層狀夾於黑色片岩中，由於岩質堅硬，故於受到地殼擠壓作用時，呈圓弧型褶皺。



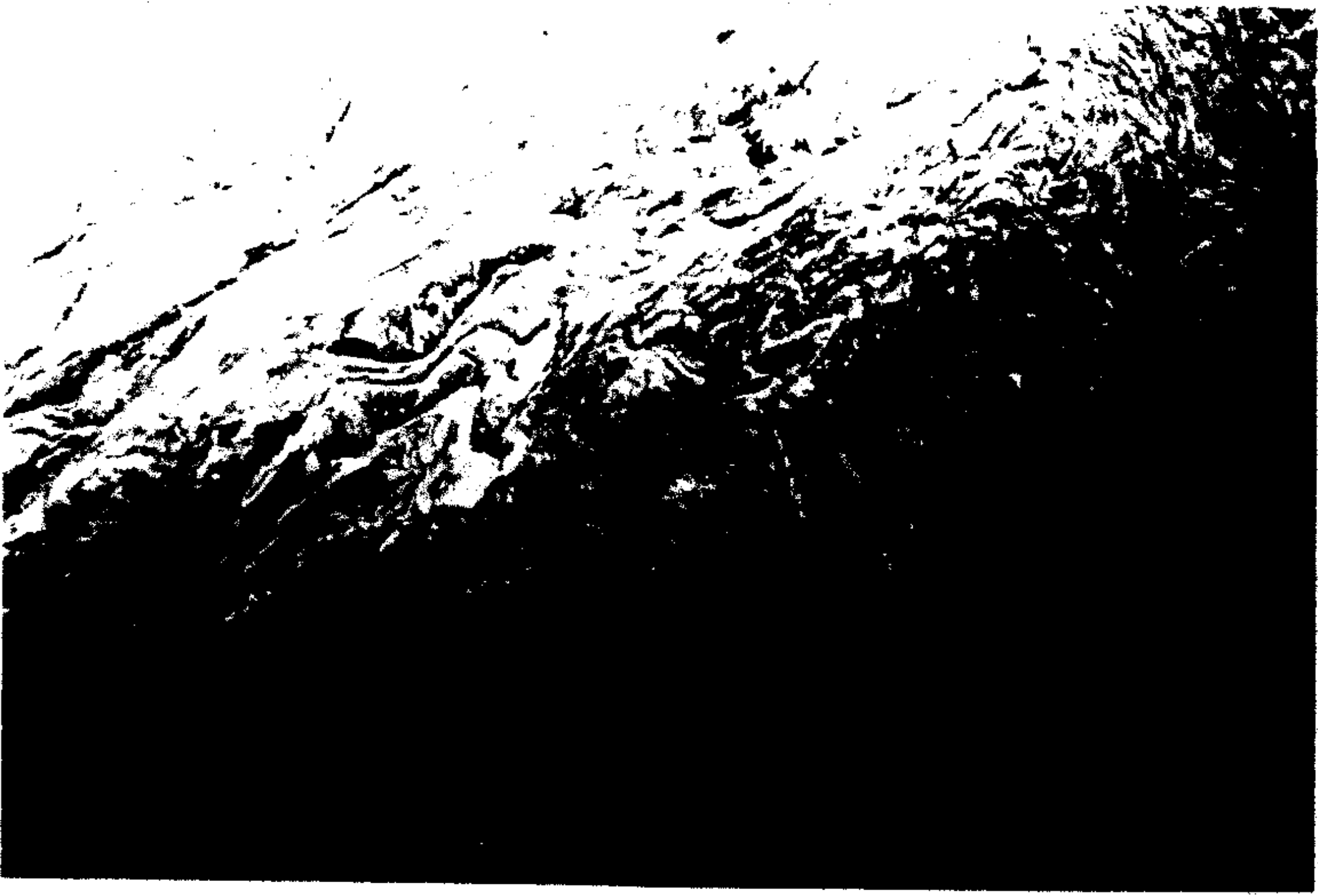
照片八·黑色片岩被石英脈沿片理面侵入或呈不規則狀。石英脈密集區與變質環境有密切之關係。



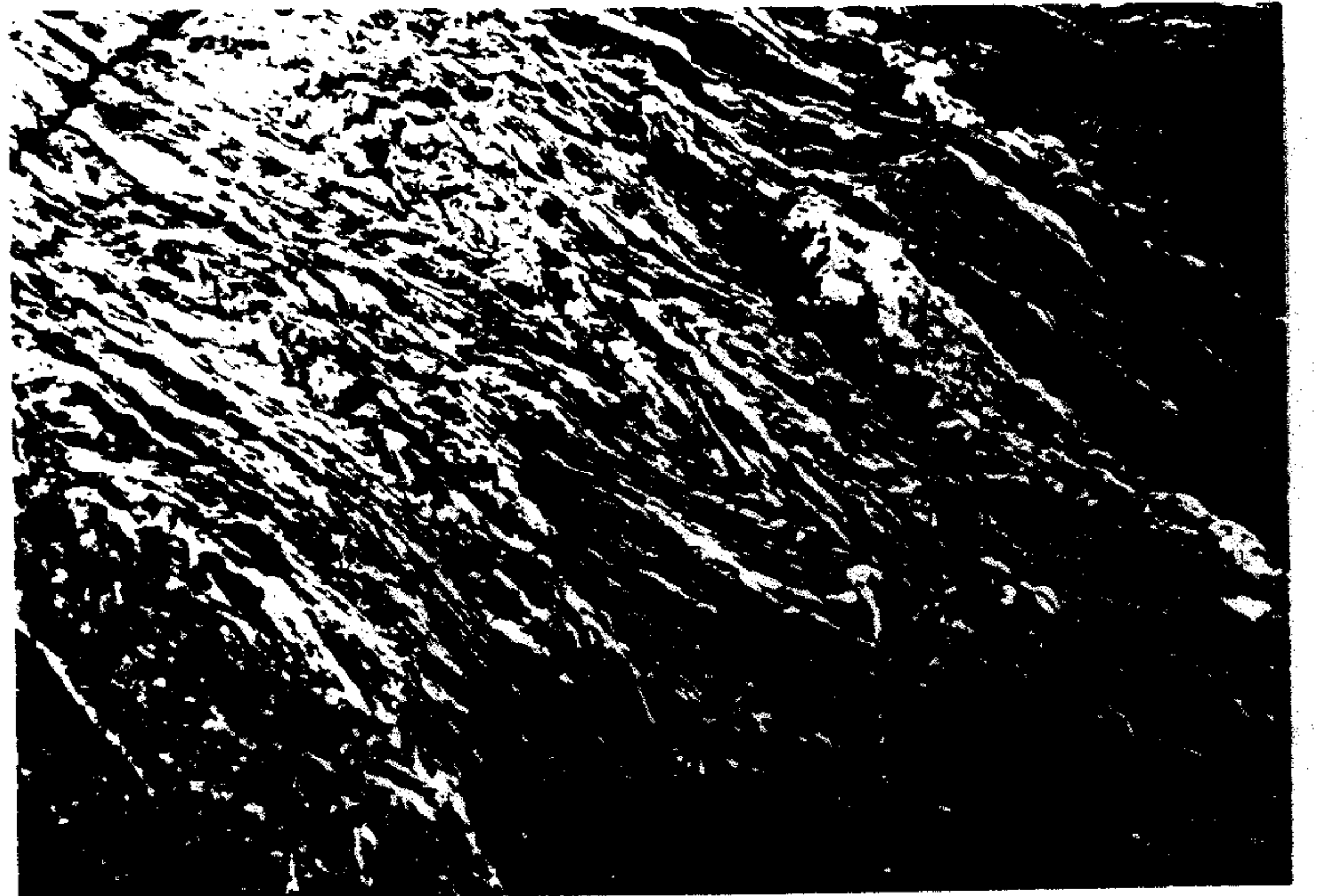
照片九·石英片岩微型緊密褶皺。(IV區海岸)



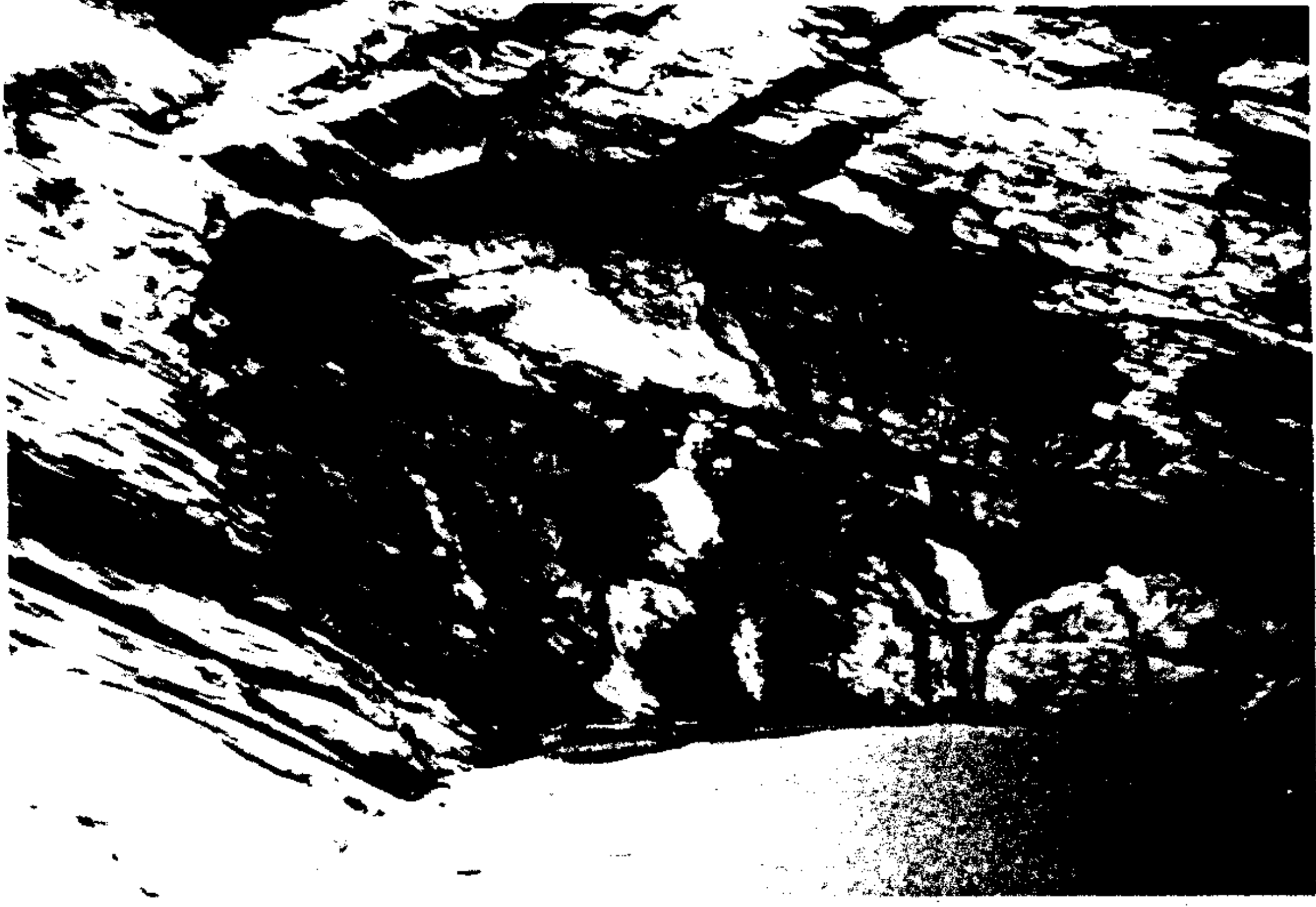
照片十·變質砂岩小型緊密褶皺之背斜軸部露頭。
。(IV區海岸)



照片十一·砂質片岩微型緊密褶皺。(IV區海岸)



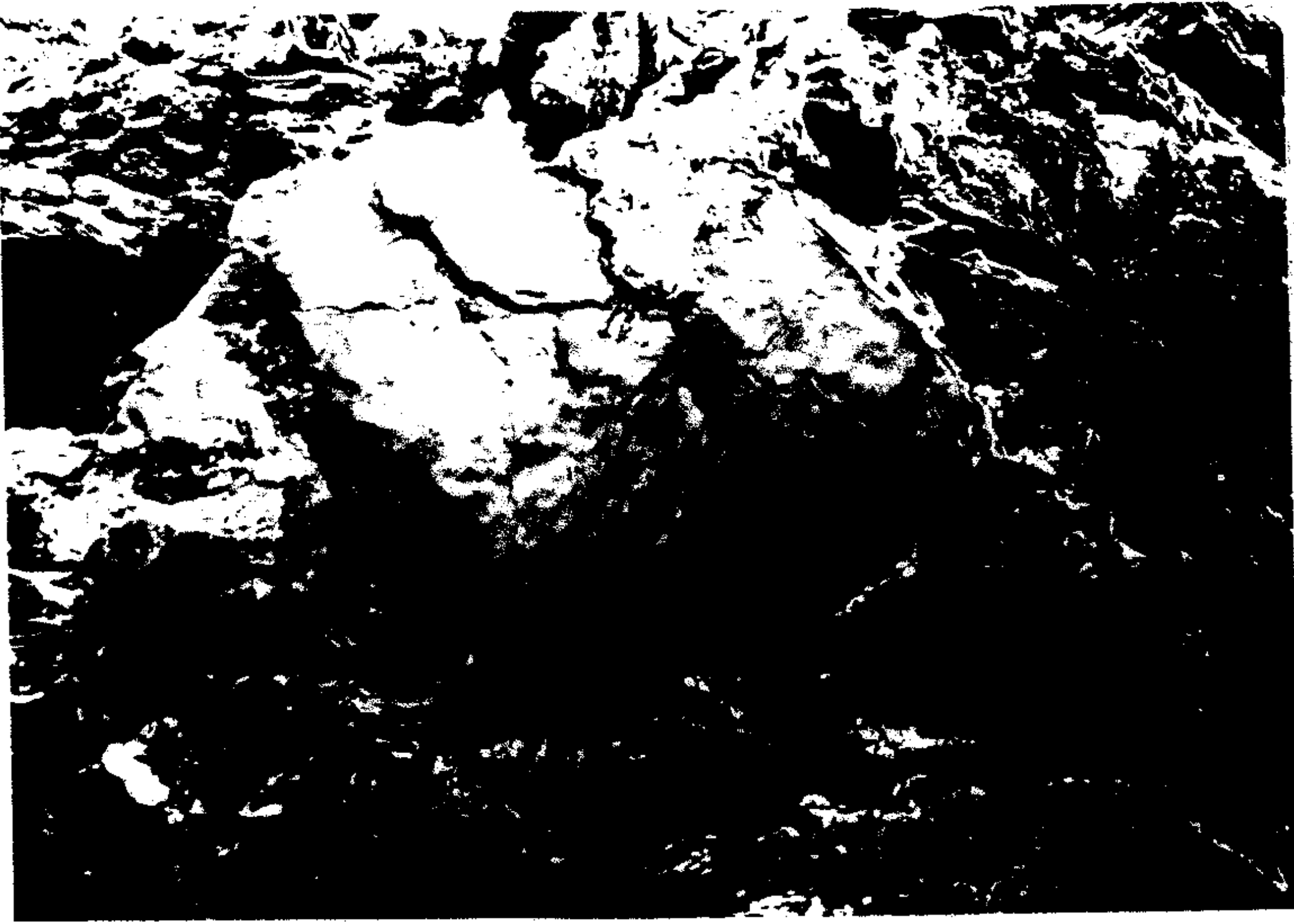
照片十二·黑色片岩微型緊密褶皺，石英脈沿片理面侵入。(IV區海岸)



照片十三·溶蝕洞沿同一層理面排列，乃地下水滲出所成（注意洞口地下水滲出情形），與海水作用無關。（III區海岸）



照片十四·受片理控制之海蝕洞，洞頂之發展與片理一致。（III區海岸）



照片十六·落石堆積於坡腳，其範圍即為落石危險區，尤於地震之時或連續降雨之後，危險性更大。（II區）



照片十六·落石堆積於坡腳，其範圍即為落石危險區，尤於地震之時或連續降雨之後，危險性更大。（II區）