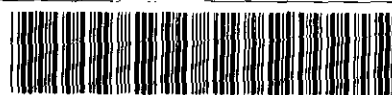


MOIP831001

RES090

保育研究報告第90號



RRPG83010582

(107.P)

國立屏東技術學院  
資源保育技術系 合作

# 墾丁國家公園水土保持監測計畫

## ——調查與規劃——

計畫主持人

徐森雄

協同主持人

黃俊德 邱創益 陳慶雄 張文詔 李錦育

吳嘉俊 王裕民 謝杉舟 唐 琦

內政部營建署墾丁國家公園管理處

中華民國八十三年六月

10016891001

090239

# 目 錄

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 中文摘要.....                       | iii |
| 英文摘要.....                       | iv  |
| 第一章 前言.....                     | 1   |
| 第二章 墾丁地區自然環境現況.....             | 9   |
| 2-1 地形表徵.....                   | 9   |
| 2-2 氣象資料.....                   | 10  |
| 2-2-1 氣溫.....                   | 10  |
| 2-2-2 濕度.....                   | 10  |
| 2-2-3 日照時數.....                 | 10  |
| 2-2-4 降雨量與降雨日數.....             | 15  |
| 2-2-5 蒸發量.....                  | 22  |
| 2-2-6 風向及風速.....                | 22  |
| 2-3 集水區水文分析.....                | 26  |
| 2-3-1 機率雨量頻率分析.....             | 26  |
| 2-3-2 研究流程.....                 | 27  |
| 2-3-3 水理計算.....                 | 27  |
| 2-3-4 結果.....                   | 28  |
| 第三章 土地利用現況.....                 | 33  |
| 第四章 崩塌地調查.....                  | 37  |
| 4-1 區內之崩塌地調查.....               | 37  |
| 4-1-1 調查方法.....                 | 37  |
| 4-1-2 崩塌地整治.....                | 38  |
| 4-2 石牛溪之溪谷型態調查.....             | 40  |
| 第五章 土壤沖蝕預估.....                 | 48  |
| 5-1 土壤沖蝕預估.....                 | 48  |
| 5-2 ANSWERS之土壤沖蝕預估原理.....       | 49  |
| 5-3 土壤沖蝕預估模擬之步驟.....            | 50  |
| 5-4 南灣地區各主要集水區之土壤沖蝕量數值模擬結果..... | 51  |
| 5-5 結論.....                     | 57  |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 第六章 水土保持對策.....                     | 67 |
| 6-1 管理政策與宣導.....                    | 67 |
| 6-2 野溪治理.....                       | 67 |
| 6-3 坑溝控制.....                       | 68 |
| 6-4 崩塌地處理.....                      | 69 |
| 6-5 邊坡穩定.....                       | 70 |
| 6-5-1 規劃設計原則.....                   | 70 |
| 6-5-2 方法及措施.....                    | 72 |
| 6-5-2-1 工程方法.....                   | 72 |
| 6-5-2-2 植生方法.....                   | 73 |
| 6-6 土地利用調整.....                     | 82 |
| 6-7 石牛溪流域泥沙之防治.....                 | 83 |
| 6-8 410、414、415、417、418溪谷泥沙之防治..... | 84 |
| 第七章 結論.....                         | 90 |
| 參考文獻.....                           | 91 |

## 中 文 摘 要

本文針對墾丁國家公園內流向南灣海域各溪谷之集水區進行水土保持調查，包括基本氣象資料之建立，集水區之水文分析、水理計算，土地利用現況及崩塌地調查，石牛溪及重要溪谷(以橋號命名)之土壤沖蝕危險度評估，最後並提出水土保持對策之規劃設計。

## Abstract

Soil and water conservation investigation was conducted in the watersheds contributing to South Bay of Kenting National park. The items under investigation included daily precipitation, current land use and management, and land slides. Series of analyses were carried out based upon the collected data. Analyses included establishment of basic meteorological database, hydrologic and hydraulic analyses for each watershed, soil erosion prediction for each watershed.

Total of four watersheds were under the analyses, and watersheds were either named by the main stream originated from the respective watershed or named by the bridge at the watershed outlet. Soil and water conservation countermeasures were also proposed in the report.

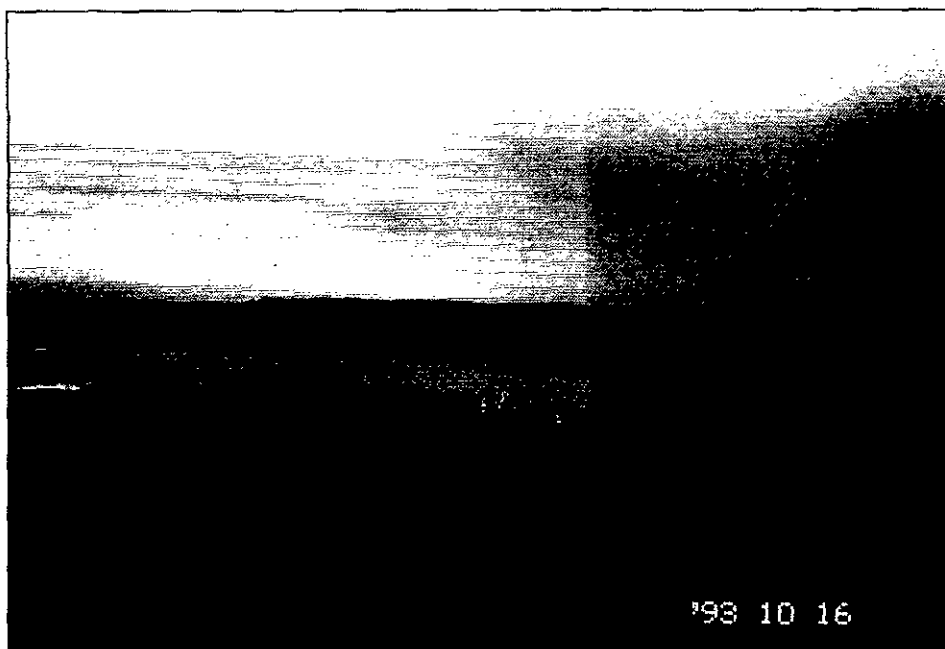
## 第一章 前 言

墾丁國家公園位居臺灣最南端的恆春半島，面積廣達32,631公頃，其涵蓋範圍包括陸地及海域兩部份。

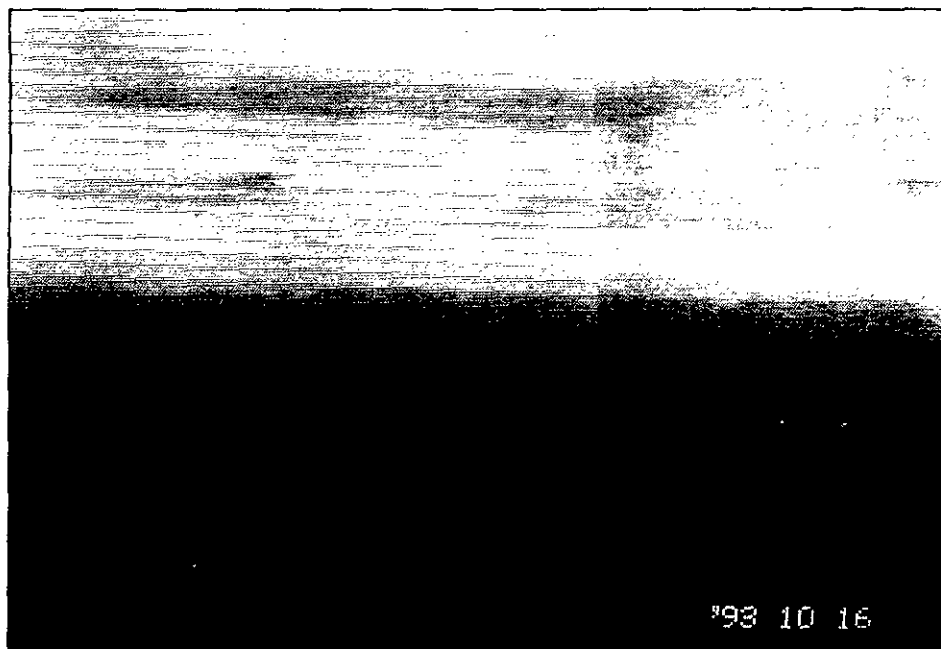
- (1) 陸地範圍：西邊包括龜山向南至紅柴之臺地崖與海濱地帶，龍鑾潭南面之貓鼻頭半島、南灣、墾丁公園、鵝鑾鼻半島、沿東邊太平洋岸而上至佳樂水，出風山地區(出風鼻)、南仁山區域，北至九棚灣；面積計約為17,731公頃。陸地範圍區域並未涵括南灣附近的核三廠。
- (2) 海域範圍：由貓鼻頭至鵝鑾鼻、鵝鑾鼻至佳樂水之沿岸海域，以及龜山至貓鼻頭間、佳樂水至南仁灣沿線附近距海岸線一公里內之海域，均為其範圍；其面積計約14,900公頃。

墾丁國家公園是我國第一座國家公園，其成立可緣自民國66年故總統蔣經國先生擔任行政院長任內時，鑑於墾丁地區濫墾、濫建的情形十分嚴重，特別指示：從事建設應顧及天然資源與生態之保護，將墾丁地區優先規劃為國家公園。

然隨著經濟發展、人口增加及園區內遊客急速成長等多重壓力之下，園區內之水土保持問題日漸嚴重。尤其自貓鼻頭以迄鵝鑾鼻之南灣海域，每於大雨之後，常有泥土隨地表逕流匯入海域，造成海水混濁，影響海域生態環境，相片 1~14為南灣海域因1993年10月16日凌晨之一場大雨而有多處遭受土沙污染之情形。因此本計畫針對流入南灣海域之大小溪谷，進行水土保持調查，並就其現場狀況規劃水土保持措施。



相片1 1993年10月16日於南灣414號、415號橋  
出海口海域所顯現之混濁現象



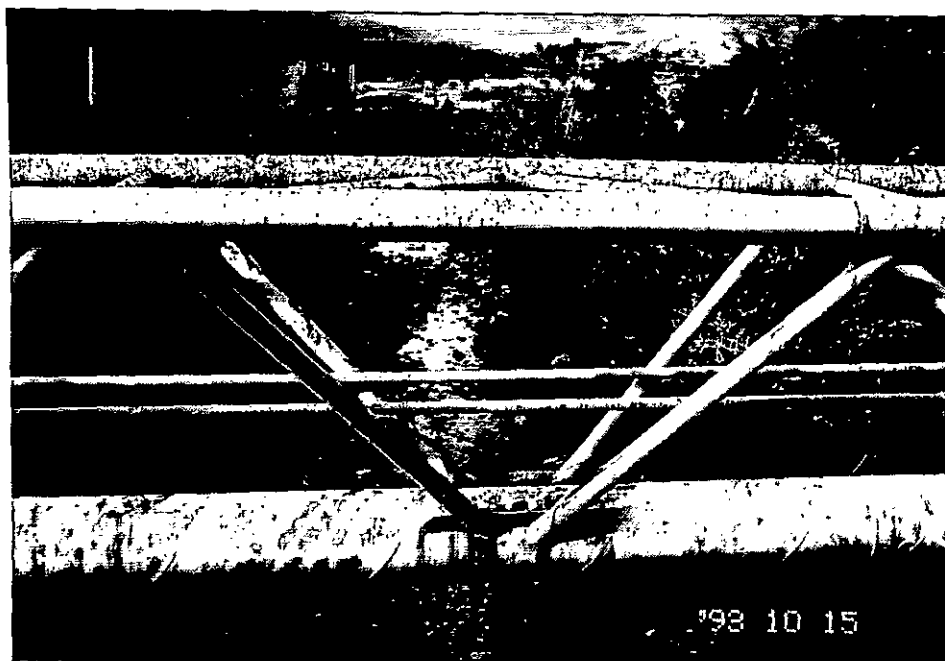
相片2 1993年10月16日於南灣414號、415號橋  
出海口海域所顯現之混濁現象



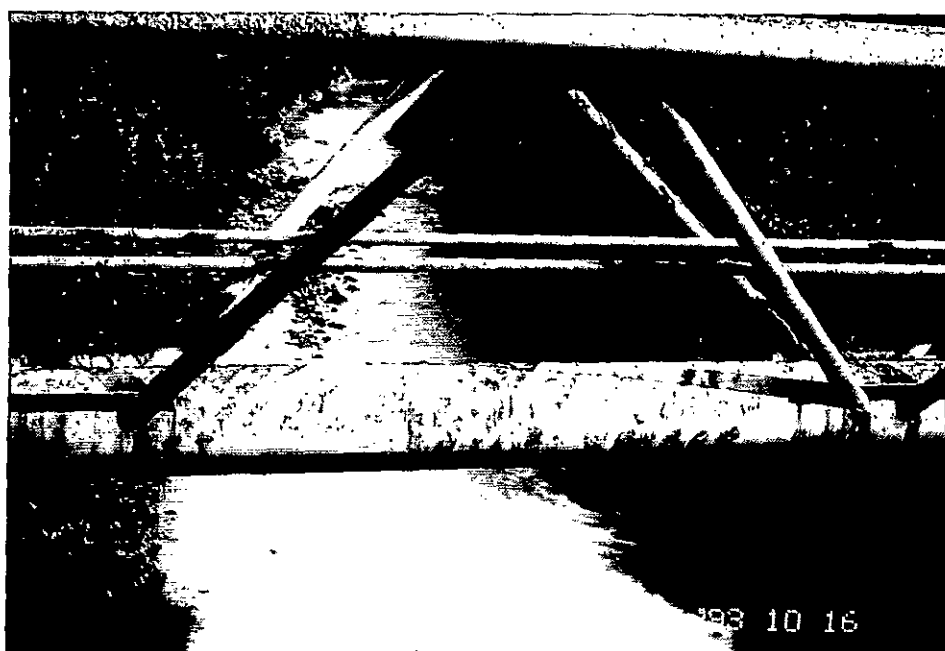
相片3 1993年10月15日石牛溪水質清澈



相片4 1993年10月16日，凌晨大雨後，石牛溪  
之流水含大量泥沙



相片5 1993年10月15日石牛溪下游之流水狀況



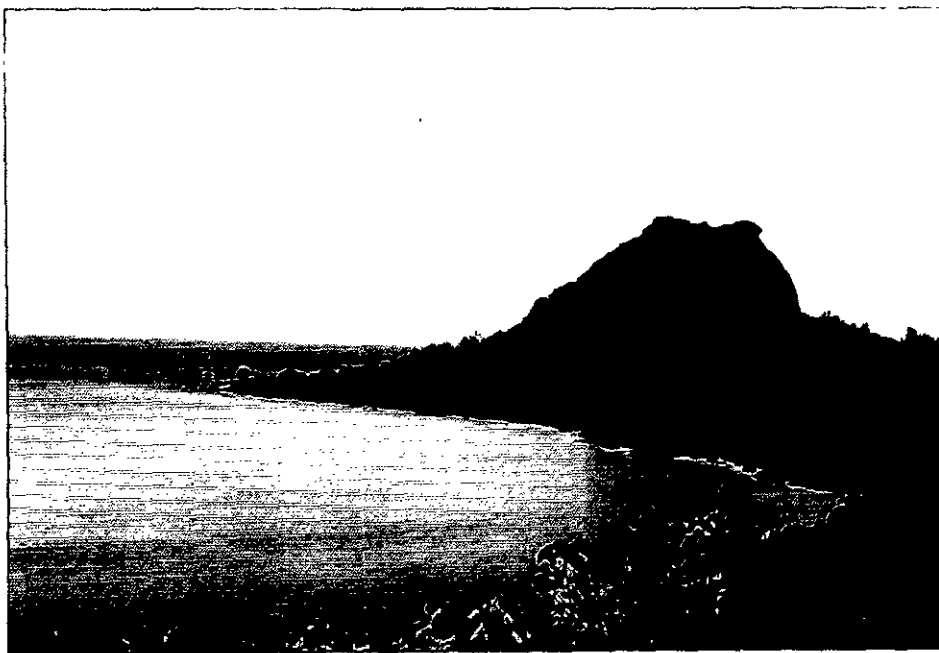
相片6 1993年10月16日凌晨大雨後，石牛溪下游水流污濁情形



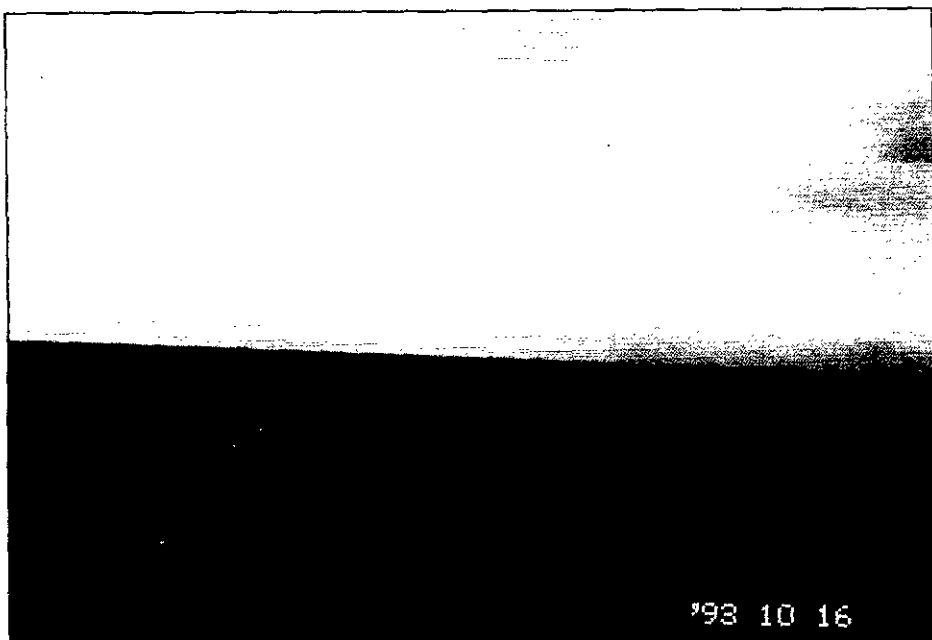
相片7 1993年10月16日凌晨大雨後，石牛溪出  
海口海域受土壤污染情形



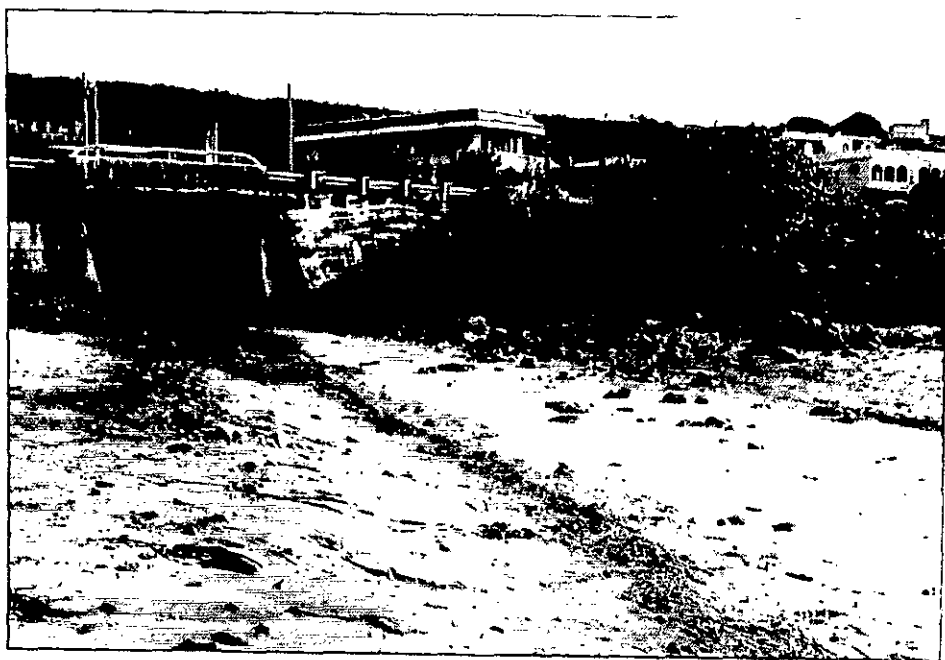
相片8 1993年10月16日石牛溪河口沙灘為大量  
水流突破，泥沙流入海域



相片9 1993年10月16日凌晨大雨之後，小灣海域受土壤污染情形



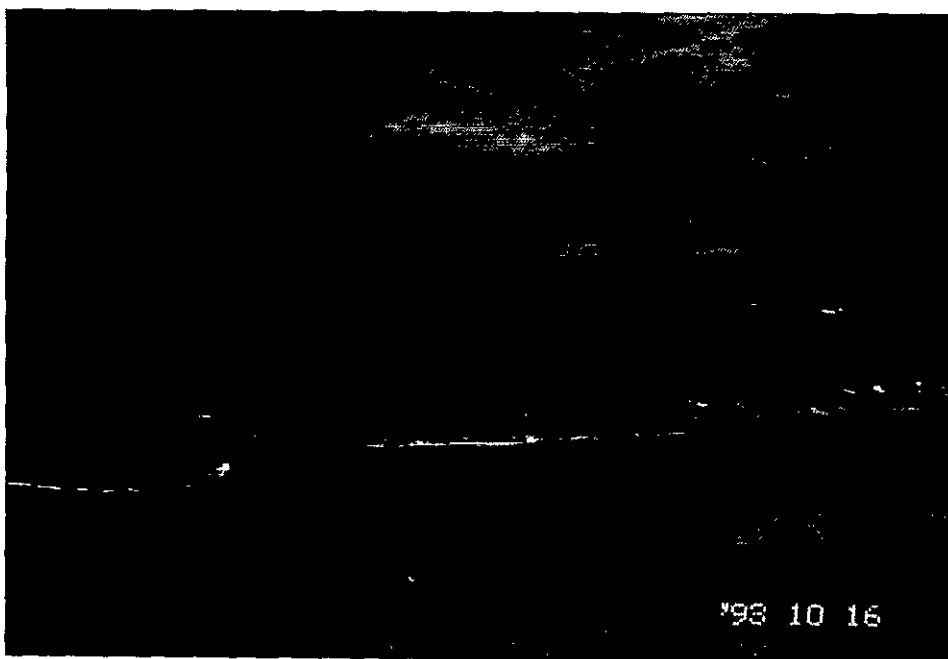
相片10 1993年10月16日凌晨大雨之後，小灣海域受土壤污染情形



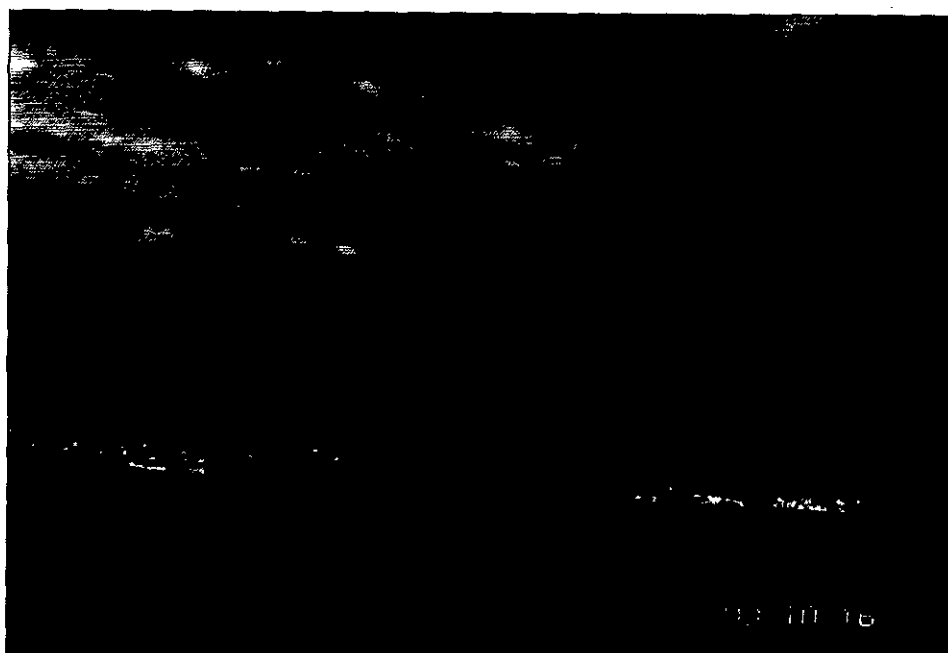
相片11 1993年10月16日凌晨大雨之後，南灣417  
號、418號橋出口泥水漫流情形



相片12 1993年10月16日凌晨大雨之後，南灣417  
號、418號出口沙灘被水流突破，土沙大  
量流入海域



相片13 1993年10月16日凌晨大雨後，南灣417號  
、418號橋出口海域受土壤污染情形



相片14 1993年10月16日凌晨大雨後，南灣417號  
、418號橋出口海域受泥沙污染情形

## 2-1 地形表徵

墾丁國家公園地形以低山及丘陵臺地爲止。地勢大體上以屏200 號縣道及臺24號省道畫分爲三部分。屏200 號縣道以北，港口溪以東地區，除港口溪兩岸之長樂、滿州一帶爲一河谷平原外，全部爲低山丘陵綿延，如太平山、南仁山、萬里得山、埤亦山、出風山、豬撈束山等，海拔高度約在400公尺左右，坡度約在30% 以上，屬中央山脈之餘脈。屏200 號線道以南，臺24號省道以東，屬珊瑚礁石灰岩臺地，海拔高約200 公尺，坡度以25~30% 之間者居多。保力溪至馬鞍山間，台24號省道以西一帶，地勢低平，爲恆春縱谷平原。在向西爲恆春西部臺地，海拔高約150 公尺，臺地西側爲臺地崖、隆臺地崖、隆起海階、海岸珊瑚礁。鵝鑾鼻及貓鼻頭爲恆春半島最南端突出海域的兩個半島，中間爲南灣。海岸線曲折，形成許多小海灣。

本區主要河流有保力溪、網紗溪、港口溪等，由於溪流河床陡峻，雨季溪水高漲，旱季呈乾涸。高士佛山、萬里得山、出風山、豬撈束山等諸山中，大小澗水匯流成爲港口溪，經響林、滿州、射麻里等村落南下，至海口出海，爲區域內最長河流。沿河兩旁谷地，分布有部份良田。

恆春平原上，河流相匯於城南的龍鑾潭、草潭，其它山區侵蝕殘餘面上，可見數處小湖泊，如魚蘭濫(即南路之南仁湖)，出風鼻大平頂草原之水池等。本區最高山峰爲萬里得山，海拔爲520公尺。

南灣的海濱總長約爲20公里(貓鼻頭到鵝鑾鼻)，包括4公里的砂灘以及16公里的裙狀珊瑚礁(裙礁)。珊瑚礁的地質年代從更新世延伸到近代。海濱地帶的上緣是季風或颱風期高潮抵達的位置(海面上約3到4公尺)。一般潮達差在1公尺到1.5公尺間。本區內陸攜帶砂泥抵達海濱的主要溪流有五，另有幾條較小的溪流。在雨量大的季節，可能有大量的砂石隨溪流入南灣以及海濱地帶。高能量的潮汐、海流、風、及波浪都使沿岸的沉積物不斷的再搬運、再磨蝕、再沉積。海灘沉積物中有多量的珊瑚礁碎片、貝殼、有孔蟲等，尤以前兩者數目眾多。在溪流入海的河口，可能有大量從陸地搬運來的中

新世砂岩、粉砂岩或礫岩岩屑。海灘的基岩大多是中新世碎屑岩或是更新世的珊瑚礁石灰岩。某些海灘的上界有著低矮的珊瑚礁、貝殼砂丘，上面生長著林樹等。近代珊瑚礁的上界則是低矮的小崖、帶狀的碎屑堆積，或是更新世上升珊瑚礁的緩斜坡。

## 2-2 氣象資料

於墾丁國家公園內雖有民用氣象測站，但設站年代甚晚，且觀測站資料偶有間斷，因此採用鄰近氣象局恆春氣象站自1897~1991年氣候年報中之各項資料予以統計分析，由於年數多達95年，具有相當之氣候代表性。

### 2-2-1 氣溫

恆春地區各月份之絕對最高氣溫均在 $31.6^{\circ}\text{C}$ 以上（見表1），而以1962年6月1日之 $36.4^{\circ}\text{C}$ 為最高紀錄；各月份之絕對最低氣溫均在 $20^{\circ}\text{C}$ 以下，而以1963年1月27日之 $8.4^{\circ}\text{C}$ 為最低紀錄；各月份之平均氣溫以七月之 $27.9^{\circ}\text{C}$ 為最高，一月份之 $20.4^{\circ}\text{C}$ 為最低，年平均則為 $24.7^{\circ}\text{C}$ 。

如將恆春半島納入台灣西南部（台南、高雄及屏東三縣）分析海拔高度與氣溫之關係（1993. 徐與謝），則可推測並繪製出恆春半島每1平方公里之月平均氣溫分佈圖如圖一~三。

### 2-2-2 濕度

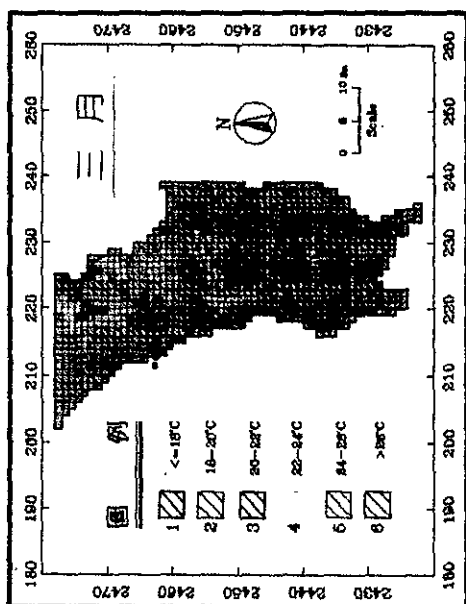
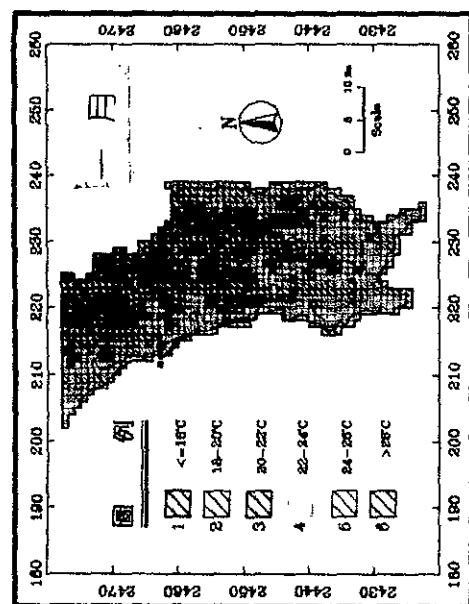
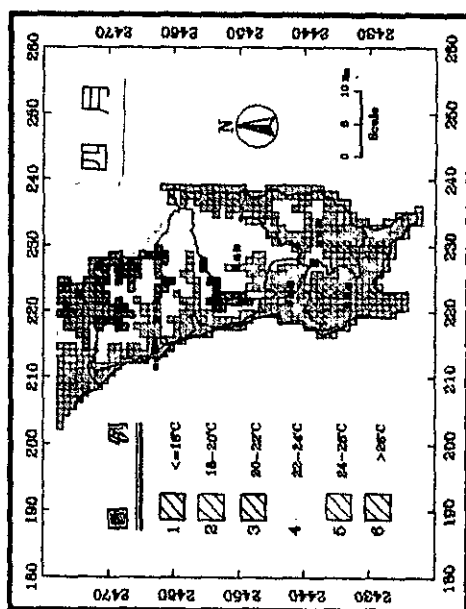
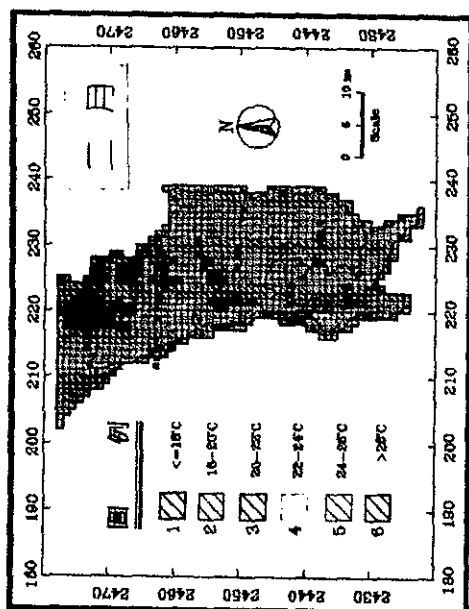
恆春地區之月平均濕度於六~九月之雨季在81~85%，而十月~翌年五月之乾季則均小於80%，尤其十二月僅72%。

### 2-2-3 日照時數

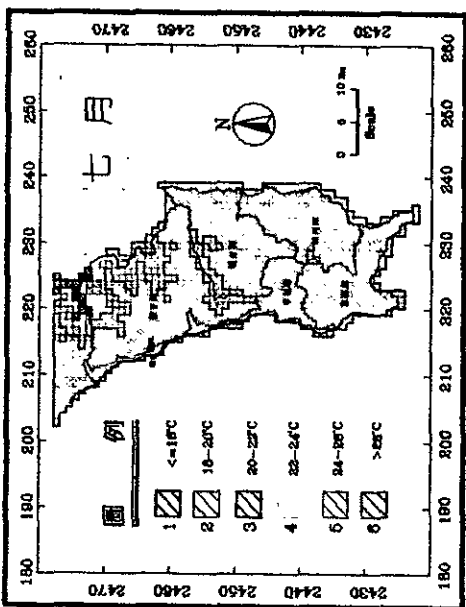
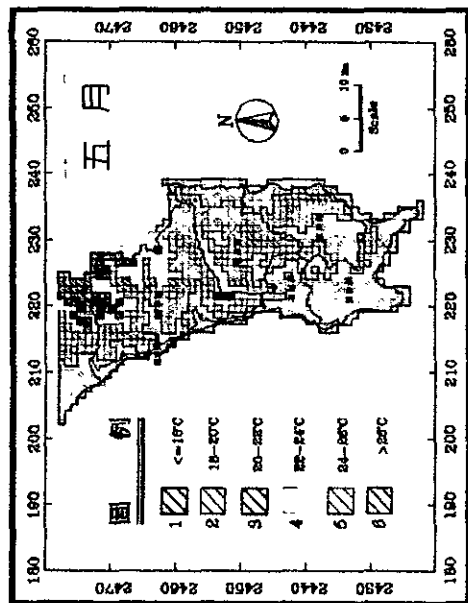
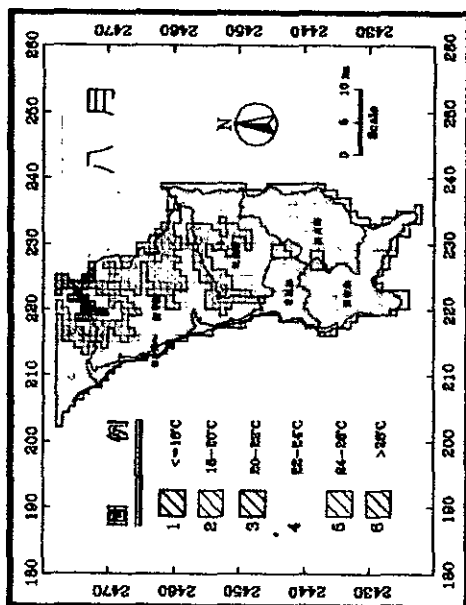
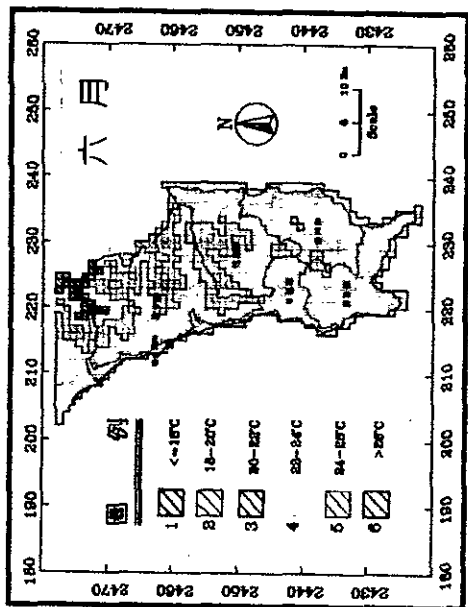
恆春地區之平均日照時數於三月~十月，每月均超過200小時，於十一月~翌年二月，則在170~180小時左右，年合計達2428小時。

表1：恆春地區之各項氣象資料

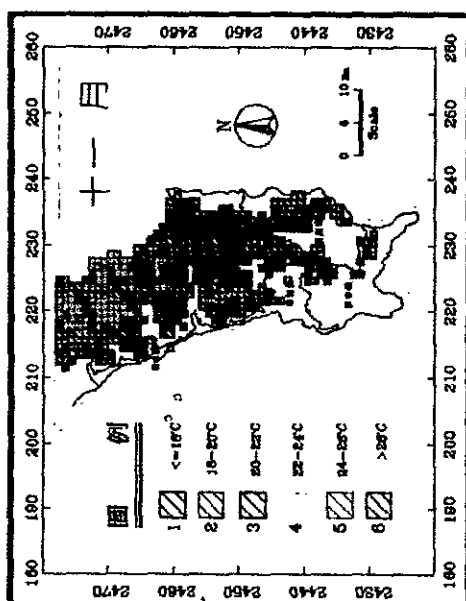
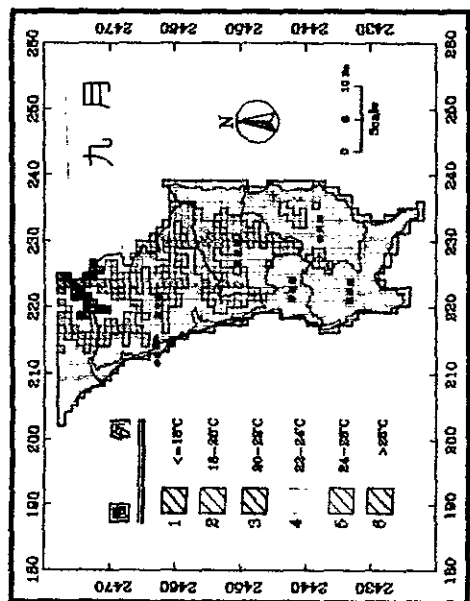
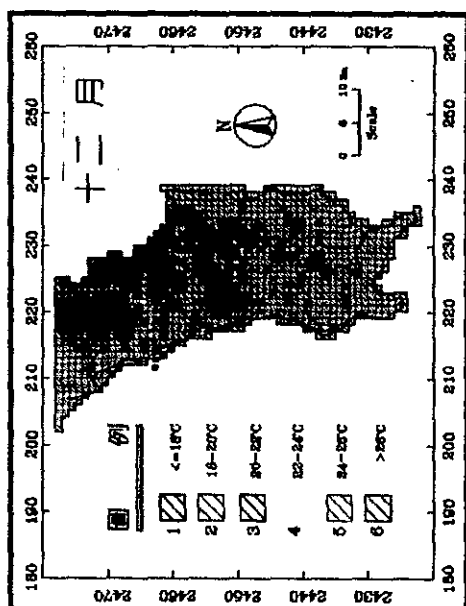
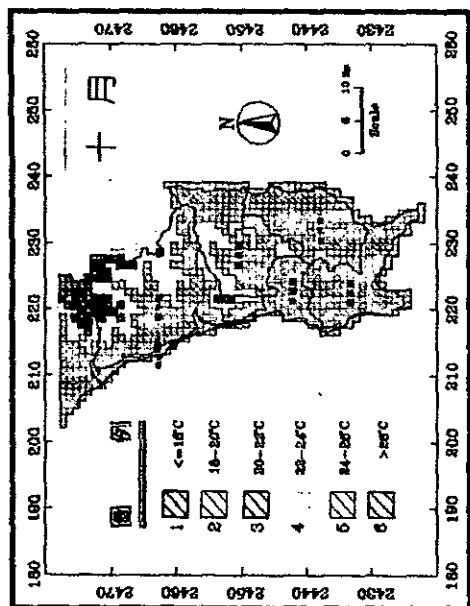
| 月<br>項 目     | 1            | 2            | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            | 12           | 年             | 記<br>錄<br>年<br>份 |
|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|------------------|
| 平 均 氣 溫(°C)  | 20.4         | 20.9         | 22.7          | 24.9          | 26.9          | 27.5          | 27.9          | 27.6          | 27.0          | 25.7          | 23.6          | 21.5         | 24.7          | 1897-1991        |
| 絕對最高氣溫 (°C)  | 31.6<br>1954 | 32.4<br>1946 | 34.2<br>1946  | 35.1<br>1946  | 36.2<br>1954  | 36.4<br>1962  | 35.6<br>1980  | 35.3<br>1980  | 36.0<br>1990  | 34.1<br>1965  | 33.8<br>1972  | 32.5<br>195  | 36.4<br>1962  | 1897-1991        |
| 日 期          | 20           | 26           | 19            | 22            | 31            | 1             | 1             | 25            | 9             | 31            | 15            | 31           | 6.1           |                  |
| 絕對最低氣溫 (°C)  | 8.4<br>1963  | 9.8<br>1899  | 10.8<br>1972  | 14.7<br>1963  | 17.1<br>1917  | 18.6<br>1899  | 19.4<br>1991  | 19.5<br>1911  | 18.7<br>1899  | 16.0<br>1927  | 12.7<br>1900  | 9.5<br>1926  | 8.4<br>1963   | 1897-1991        |
| 日 期          | 27           | 4            | 6             | 22            | 4             | 5             | 20            | 27            | 24            | 26            | 17            | 21           | 1.27          |                  |
| 濕 度(%)       | 73           | 74           | 74            | 76            | 79            | 84            | 84            | 85            | 81            | 75            | 73            | 72           | 78            | 1897-1991        |
| 日 照 時 數(hr)  | 181.5        | 179.7        | 206.7         | 214.8         | 227.0         | 206.3         | 231.9         | 204.2         | 202.3         | 214.0         | 187.7         | 171.5        | 2427.6        | 1898-1991        |
| 降 雨 量(mm)    | 21.9         | 25.6         | 23.2          | 46.8          | 171.5         | 386.9         | 481.4         | 516.2         | 313.8         | 147.5         | 53.1          | 18.7         | 2206.6        | 1897-1991        |
| 雷 雨 日 數(day) | 0            | 0            | 1             | 1             | 3             | 4             | 5             | 5             | 3             | 1             | 0             | 0            | 23            | 1897-1991        |
| 降 雨 日 數(day) | 8            | 8            | 7             | 7             | 12            | 19            | 20            | 21            | 18            | 12            | 9             | 8            | 149           | 1897-1991        |
| 一日最大降雨量(mm)  | 37.7<br>1921 | 94.8<br>1898 | 111.6<br>1905 | 344.7<br>1956 | 380.2<br>1901 | 434.8<br>1943 | 408.1<br>1929 | 395.5<br>1910 | 348.1<br>1987 | 336.7<br>1939 | 249.5<br>1952 | 76.9<br>1947 | 424.8<br>1943 | 1897-1991        |
| 日 期          | 29           | 19           | 31            | 23            | 20            | 13            | 29            | 29            | 9             | 9             | 13            | 27           | 6.13          |                  |
| 蒸 發 量(mm)    | 144.6        | 143.3        | 180.1         | 188.4         | 191.2         | 156.5         | 157.3         | 144.8         | 148.5         | 177.6         | 164.4         | 150.2        | 1946.9        | 1900-1991        |



圖一. 恆春半島一~四月之平均氣溫網目分佈圖



圖二. 恆春半島五~八月之平均氣溫網目分佈圖



圖三. 恆春半島九~十二月之平均氣溫網目分佈圖

## 2-2-4 降雨量與降雨日數

恆春地區之年降雨量平均達 2206.6 mm，其中五月～十月之夏期合計為 2017.3mm 佔全年雨量之 91.4%，而十一月～翌年四月之冬期合計為 189.3 mm 僅佔全年雨量之 8.6%。年降雨日數平均達 149 天，其中夏期 102 天佔全年之 68.5%，冬期 47 天佔全年之 31.5%。

若以每候（五天）之平均降雨量超過 20mm 時為雨期之開始，平均降雨量低至 20mm 以下時為雨期之終止，雨期結束，雨水日減，終成旱期，當平均候雨不足 10mm 時為旱期之開始，平均候雨超過 10mm 時為旱期之結束，恆春雨旱期之起訖及長度如下表：

表 2：雨旱期之起訖及其長度

| 雨 期   |       |       | 旱 期   |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 起     | 訖     | 長 度   | 起     | 訖     | 長 度   |
| 五月第三候 | 十月第三候 | 156 天 | 十月第五候 | 五月第二候 | 197 天 |

凡一日之雨量達 0.1mm 者稱之為雨日 (Rainy day)，反之未下雨者則稱之為旱日 (Dry day) (雨量未達 0.1mm 記載為 Trace 者仍作旱日計)，一個連續出現而不受間斷之雨 (旱) 日稱之為一個雨 (旱) 日串 [Rainy (Dry) Sequence]，雨 (旱) 日連續之最大延續日數稱之為串長，各串長之頻率，分月份計算之，一個雨 (旱) 日串所歸屬之月份，以該雨 (旱) 日串之第一日所屬月份為依據，以避免統計時雨 (旱) 日串之被分割。恆春各月份雨、旱日串之頻率分佈，分如表 3 與表 4。

如將恆春半島納入南台灣西南部，就其月平均降雨量以常態半徑搜尋法推算每 1 平方公里之月平均降雨量，則可繪得如圖四至六之月平均降雨量分佈圖。

表 3-1：恆春地區各月份雨日串長之頻率分佈

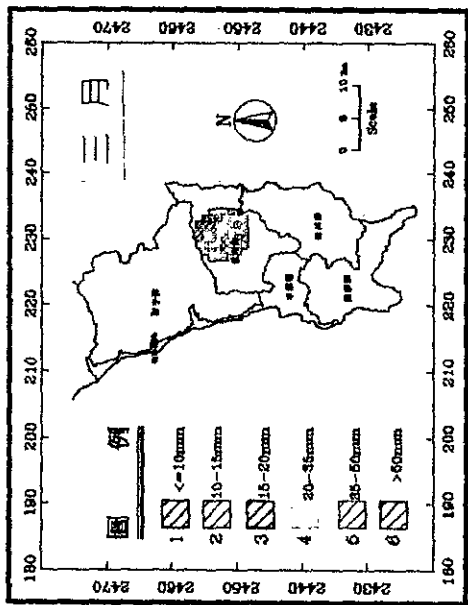
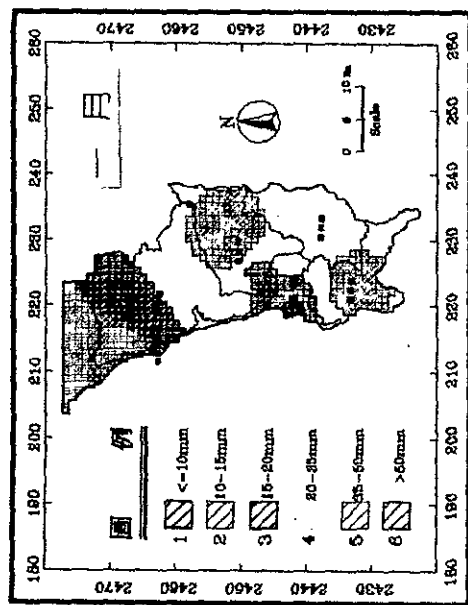
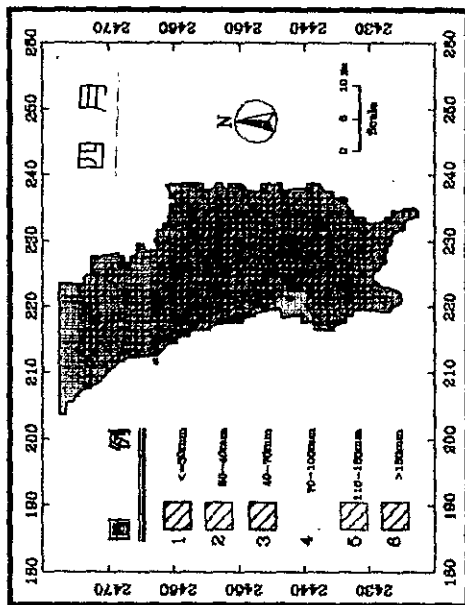
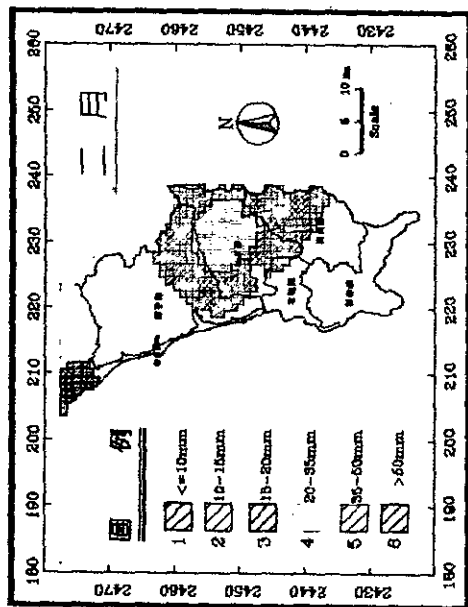
| 月份<br>串長 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10 | 11 | 12 | 全 年  |
|----------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|------|
| 1        | 63 | 77 | 63 | 62 | 110 | 132 | 147 | 170 | 155 | 84 | 74 | 58 | 1195 |
| 2        | 51 | 33 | 39 | 43 | 65  | 54  | 71  | 81  | 86  | 77 | 47 | 54 | 701  |
| 3        | 41 | 38 | 34 | 39 | 36  | 25  | 22  | 29  | 50  | 43 | 49 | 40 | 446  |
| 4        | 26 | 31 | 26 | 29 | 26  | 24  | 20  | 20  | 23  | 27 | 32 | 30 | 314  |
| 5        | 21 | 15 | 21 | 28 | 31  | 16  | 17  | 13  | 14  | 24 | 16 | 16 | 232  |
| 6        | 24 | 14 | 17 | 21 | 18  | 16  | 8   | 4   | 12  | 20 | 20 | 20 | 194  |
| 7        | 16 | 21 | 10 | 16 | 15  | 9   | 5   | 6   | 5   | 12 | 18 | 20 | 153  |
| 8        | 18 | 14 | 15 | 11 | 11  | 6   | 3   | 2   | 3   | 16 | 9  | 11 | 119  |
| 9        | 11 | 10 | 9  | 11 | 4   |     | 4   | 3   | 1   | 7  | 16 | 12 | 88   |
| 10       | 6  | 2  | 5  | 9  | 10  | 4   |     |     | 2   | 7  | 9  | 10 | 64   |
| 11       | 7  | 5  | 3  | 6  | 4   | 1   | 1   |     | 2   | 4  | 6  | 8  | 47   |
| 12       | 4  | 1  | 12 | 4  | 2   | 3   | 2   |     |     | 3  | 3  | 3  | 37   |
| 13       | 3  | 7  | 4  | 4  | 2   | 1   |     | 1   | 1   | 6  | 5  | 10 | 44   |
| 14       | 2  | 4  | 7  | 4  | 1   | 2   |     |     | 1   | 1  | 4  | 3  | 29   |
| 15       |    | 5  | 3  | 1  | 1   |     |     |     |     | 1  | 1  | 2  | 14   |
| 16       | 3  | 3  | 2  | 2  |     |     |     |     |     | 1  | 1  | 4  | 16   |
| 17       |    | 3  | 2  | 1  |     |     |     |     | 1   | 1  | 4  | 2  | 14   |
| 18       | 2  | 2  | 1  | 1  |     |     |     |     |     |    | 1  | 1  | 8    |
| 19       |    | 1  | 1  | 2  |     |     |     |     |     | 1  | 3  | 1  | 9    |
| 20       | 1  | 1  | 1  | 1  |     |     |     |     |     | 1  |    | 3  | 8    |
| 21       | 3  |    | 1  | 1  |     |     |     |     |     | 1  |    |    | 6    |
| 22       | 2  | 2  | 1  |    |     |     |     |     |     | 1  |    | 1  | 7    |
| 23       | 1  |    |    |    |     |     |     |     |     |    |    |    | 1    |
| 24       |    | 1  | 1  |    |     |     |     |     |     | 1  |    | 1  | 4    |
| 25       | 1  | 1  | 2  |    |     |     |     |     |     |    | 1  |    | 4    |

表 3-2：恆春地區各月份雨日串長之頻率分佈

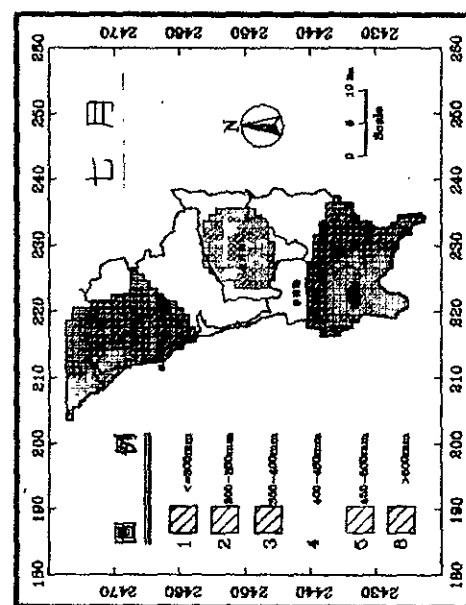
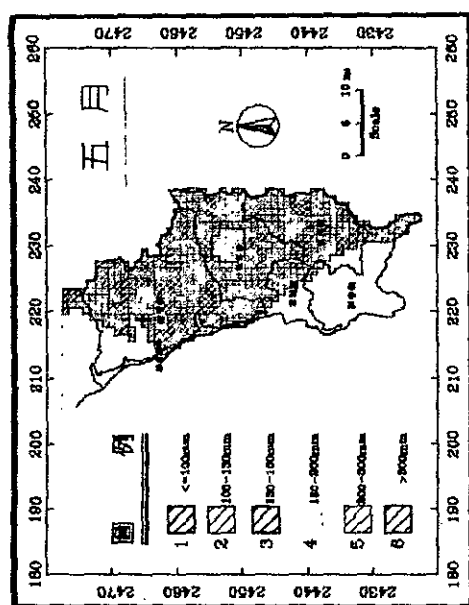
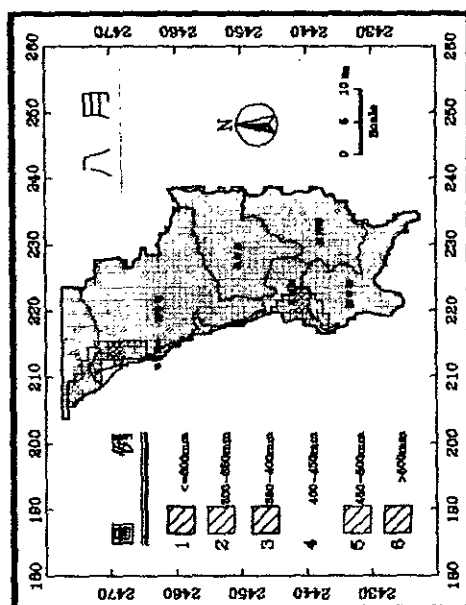
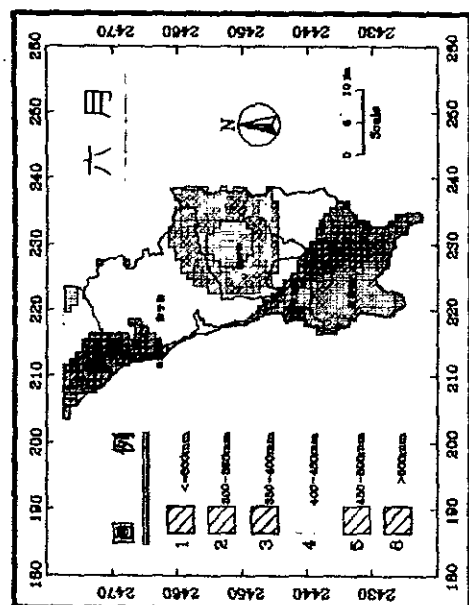
| 月份<br>串長 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   | 全 年   |
|----------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| 26       |      | 1    | 1    | 1    |      |     |     |     |     |      |      |      | 4     |
| 27       |      | 1    | 1    |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 2     |
| 28       |      | 1    | 1    |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 2     |
| 29       |      |      | 1    |      |      |     |     |     | 1   | 1    |      |      | 3     |
| 30       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 31       | 1    |      |      | 1    |      |     |     |     |     | 1    |      |      | 3     |
| 32       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 33       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 34       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 35       |      |      | 1    |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 1     |
| 36       |      |      |      |      |      |     |     |     |     | 1    |      |      | 1     |
| 37       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 38       |      |      |      | 1    |      |     |     |     |     |      |      |      | 1     |
| 39       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 40       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 41       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 42       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 43       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 44       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 45       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 46       |      | 1    |      |      |      |     |     |     |     |      |      | 1    | 2     |
| 47       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 48       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 49       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 50       |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      | 0     |
| 合計       | 307  | 295  | 285  | 299  | 336  | 293 | 300 | 229 | 357 | 342  | 319  | 311  | 3773  |
| 總長       | 1538 | 1592 | 1632 | 1514 | 1167 | 826 | 698 | 686 | 894 | 1482 | 1498 | 1655 | 15182 |
| 平均長      | 5.0  | 5.4  | 5.7  | 5.1  | 3.5  | 2.8 | 2.3 | 2.1 | 2.5 | 4.3  | 4.7  | 5.3  | 4.0   |

表 4：恆春地區各月份雨日串長之頻率分佈

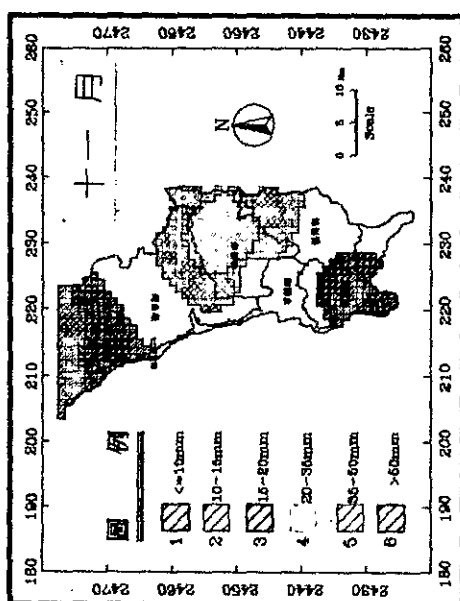
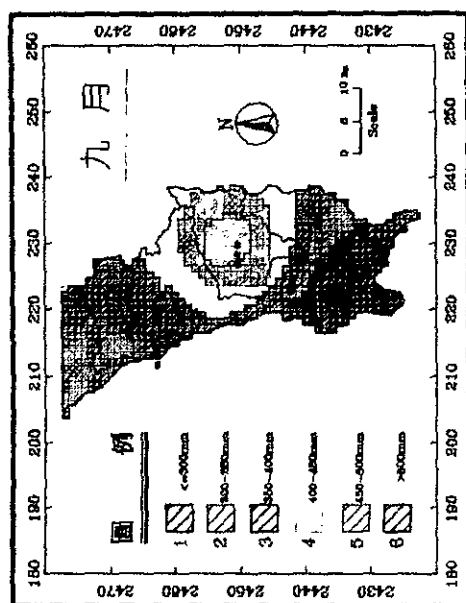
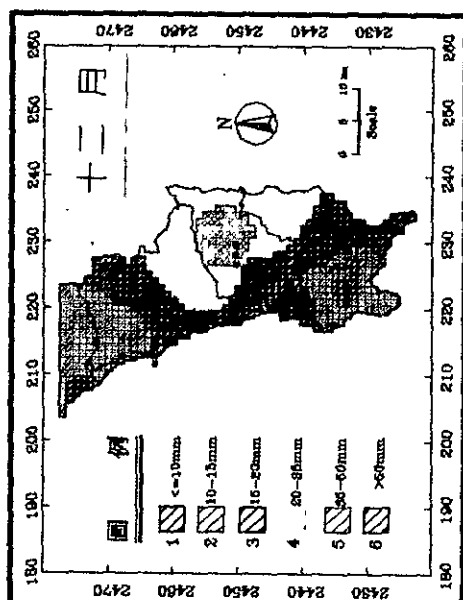
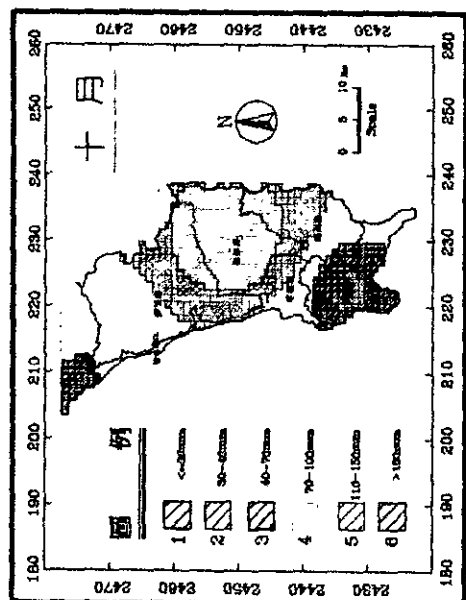
| 月份<br>串長 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11  | 12  | 全 年   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| 1        | 164 | 165 | 178 | 173 | 155 | 82   | 86   | 86   | 106  | 153 | 184 | 181 | 1713  |
| 2        | 86  | 69  | 68  | 73  | 73  | 39   | 41   | 59   | 63   | 75  | 66  | 74  | 786   |
| 3        | 36  | 39  | 23  | 30  | 40  | 38   | 36   | 38   | 42   | 44  | 43  | 25  | 434   |
| 4        | 15  | 6   | 15  | 10  | 26  | 29   | 18   | 38   | 32   | 18  | 16  | 16  | 239   |
| 5        | 6   | 5   | 2   | 9   | 20  | 22   | 28   | 16   | 32   | 16  | 7   | 6   | 169   |
| 6        | 6   | 3   | 1   | 2   | 16  | 11   | 14   | 16   | 20   | 8   | 2   | 5   | 104   |
| 7        |     | 1   | 1   | 2   | 11  | 12   | 18   | 15   | 14   | 4   | 4   |     | 82    |
| 8        |     |     | 1   | 1   | 5   | 10   | 12   | 13   | 14   | 1   | 1   |     | 58    |
| 9        | 1   |     | 1   |     | 4   | 10   | 11   | 11   | 7    | 1   |     |     | 46    |
| 10       |     | 1   |     | 1   |     | 13   | 8    | 6    | 8    | 1   | 1   |     | 39    |
| 11       |     |     |     |     | 2   | 3    | 4    | 2    | 2    |     |     |     | 13    |
| 12       |     |     |     |     | 4   | 6    | 4    | 6    | 2    |     |     |     | 22    |
| 13       |     |     |     |     |     | 2    | 6    | 6    | 2    |     |     |     | 16    |
| 14       |     |     |     |     |     | 2    | 3    | 4    | 1    |     |     |     | 10    |
| 15       |     |     |     |     | 1   | 3    | 2    | 2    | 2    |     |     |     | 10    |
| 16       |     |     |     |     |     | 2    | 4    |      | 2    |     |     |     | 8     |
| 17       |     |     |     |     | 1   | 2    | 2    |      |      |     |     |     | 5     |
| 18       |     |     |     |     |     | 1    | 2    |      |      |     |     |     | 3     |
| 19       |     |     |     |     |     | 1    | 2    |      |      |     |     |     | 3     |
| 20       |     |     |     |     |     | 1    | 1    | 3    |      |     |     |     | 5     |
| 21       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 22       |     |     |     |     |     | 1    | 1    |      |      |     |     |     | 2     |
| 23       |     |     |     |     |     |      | 1    |      |      |     |     |     | 1     |
| 24       |     |     |     |     |     | 1    | 1    |      |      |     |     |     | 2     |
| 25       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 26       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 27       |     |     |     |     |     |      |      | 1    |      |     |     |     | 1     |
| 28       |     |     |     |     |     |      | 1    |      |      |     |     |     | 1     |
| 29       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 30       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 31       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 32       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 33       |     |     |     |     |     |      | 1    |      |      |     |     |     | 1     |
| 34       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 35       |     |     |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |       |
| 合 計      | 314 | 289 | 290 | 301 | 358 | 291  | 307  | 322  | 349  | 321 | 324 | 307 | 3773  |
| 總 長      | 579 | 504 | 483 | 538 | 976 | 1323 | 1537 | 1359 | 1267 | 690 | 602 | 528 | 10386 |
| 平 均 長    | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 2.7 | 4.5  | 5.0  | 4.2  | 3.6  | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 2.8   |



圖四、恆春半島一～四月之平均降雨量網目分佈圖



圖五. 恆春半島五~八月之平均降雨量網目分佈圖



圖六. 恆春半島九~十二月之平均降雨量網圖分佈圖

## 2-2-5 蒸發量

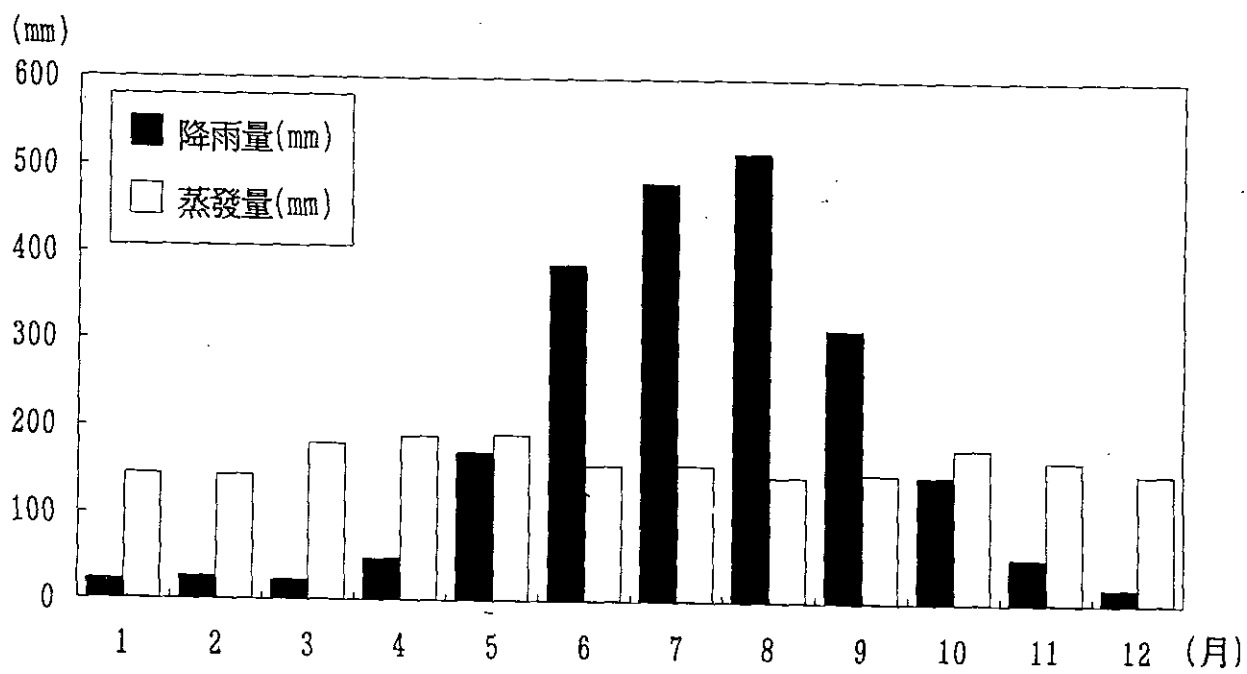
各月份之月平均蒸發量在 140mm 以上，年平均蒸發量達 1946.9 mm，少於前述之年平均降雨量，惟就月份值而言，如圖七所示六月～九月之降雨量仍大於蒸發量。

## 2-2-6 風向及風速

恆春地區之月平均風速如表 5 所示，雖均不強，但絕對最大風速(10分鐘平均風速之最大值為最大風速)之平均值均超過 10 m/s 以上。五月～九月之絕對最大風速其風向顯示係因颱風所致，而十一月～翌年四月則明顯係季節性之落山風所致。從表 6 可知，落山風吹襲期間，以東北風之頻度最高，十月達 70%，十一月～四月則均在 80% 以上。再發生年 (return period in year) 為 2、5、20 及 100 年之最大風速列如表 7，於中央氣象局刊行之氣候年報自 1982 年起始將每月之瞬間最大值一併列出若以最大風速為自變數(x)，以瞬間最大風速為因變數(y)則可得  $y=1.96+1.83x$ ，相關係數 0.8577 達 1% 顯著水準，依此迴歸式推測恆春氣象站各月份瞬間最大風速之再發生年列如表 8。

表 5：恆春地區之風速 ( m/s )

| 月份<br>項目      | 1          | 2          | 3          | 4           | 5         | 6         | 7           | 8           | 9         | 10          | 11          | 12         |
|---------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| 平均風速          | 5.19       | 4.70       | 4.43       | 3.53        | 2.89      | 2.60      | 2.71        | 2.72        | 3.12      | 4.90        | 6.05        | 6.02       |
| 平均絕對<br>最大風速  | 15.50      | 14.69      | 14.84      | 13.80       | 12.35     | 10.68     | 12.33       | 12.33       | 13.24     | 15.04       | 15.93       | 16.88      |
| 絕對最大<br>風速與風向 | NE<br>19.8 | NE<br>19.8 | NE<br>19.2 | NNW<br>19.2 | S<br>26.8 | E<br>28.2 | SSW<br>26.7 | WNW<br>39.8 | E<br>36.0 | NNE<br>28.3 | ENE<br>33.5 | NE<br>24.2 |



圖七. 恆春地區各月份降雨量與蒸發之比較

表6： 恆春各月份最大風速之風向頻度 ( 1897~1991年 缺1945年 )

| 月份<br>風向 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| N        | 1  | 1  |    | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  |    |    |    |
| NNE      | 8  | 8  | 7  | 8  | 14 | 7  | 9  | 7  | 12 | 14 | 7  | 8  |
| NE       | 81 | 79 | 78 | 77 | 52 | 30 | 17 | 19 | 44 | 67 | 81 | 82 |
| ENE      | 3  | 2  | 5  | 4  | 8  | 7  | 10 | 8  | 7  | 8  | 5  | 2  |
| E        | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | 1  | 5  | 3  | 5  | 2  | 1  | 1  |
| ESE      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| SE       |    |    |    |    |    | 4  |    | 1  |    |    |    |    |
| SSE      |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |
| S        |    |    |    |    | 3  |    | 2  | 1  | 3  |    |    |    |
| SSW      |    |    |    |    |    | 2  | 3  | 5  |    |    |    |    |
| SW       |    |    |    | 1  | 1  | 2  | 4  | 2  | 1  |    |    |    |
| WSW      |    |    |    |    |    | 4  | 2  | 1  | 5  |    |    |    |
| W        |    |    |    |    | 3  | 10 | 12 | 13 | 3  |    |    |    |
| WNW      |    |    |    |    | 1  | 11 | 13 | 18 | 5  |    |    |    |
| NW       |    |    | 2  |    | 3  | 11 | 14 | 12 | 6  | 2  |    | 1  |
| NNW      |    | 2  |    | 1  | 4  | 3  |    | 3  | 2  | 1  |    |    |
| 合 計      | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |

表7： 恆春氣象站各月最大風速(m/s)之再發生年數

| 再發生年數 | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2     | 14.8 | 16.7 | 15.9 | 14.6 | 13.9 | 14.3 | 13.1 |
| 5     | 18.0 | 20.4 | 18.4 | 16.6 | 15.9 | 16.2 | 15.2 |
| 20    | 22.1 | 24.8 | 20.9 | 18.5 | 17.8 | 18.1 | 17.2 |
| 100   | 26.6 | 29.5 | 23.2 | 20.2 | 19.6 | 19.6 | 18.8 |

表8： 依迴歸式推測恆春氣象站各月份瞬間最大風速(m/s)之再發生年數

| 再發生年數 | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2     | 29.0 | 32.5 | 31.1 | 28.7 | 27.4 | 28.1 | 25.9 |
| 5     | 34.9 | 39.2 | 35.6 | 32.3 | 31.1 | 31.6 | 29.8 |
| 20    | 42.4 | 47.3 | 40.2 | 35.8 | 34.5 | 35.1 | 33.4 |
| 100   | 50.6 | 55.9 | 44.4 | 38.9 | 37.8 | 37.8 | 36.4 |

## 2-3 集水區水文分析

集水區水文特性探討方式大致可分為兩類：一為定率式(deterministic approach)，另一為序率式(Stochastic approach)；前者應用數理方式構成最佳水文模式，以模擬自然界複雜錯綜之水文現象；而後者純以統計方法，由過去之水文實測記錄，歸納其特性，並依此推估未來最可能發生之水文情形。本計畫以恒春測候站 1897~1991之降雨資料加以分析，並探討其水文特性及推估南灣至船帆石各溪口之洪峰逕流量。

### 2-3-1 機率雨量頻率分析

#### 1. 甘保一周文德法 (Gumbel-Chow method) 及皮爾遜第三型分佈法

- (1) 將欲分析之雨量資料排序並求其均數(M)及標準偏差(S)。
- (2) 由頻率分析通式： $QT=M+KtS$  (KT：頻率因子，可查表得之) 求出QT值。
- (3) 根據QT值繪圖於甘保機率紙上。
- (4) 由圖上可知在不同迴歸週期(T)內發生暴雨之水文量大小。

#### 2. 對數常態分佈及對數皮爾遜第三型分佈法

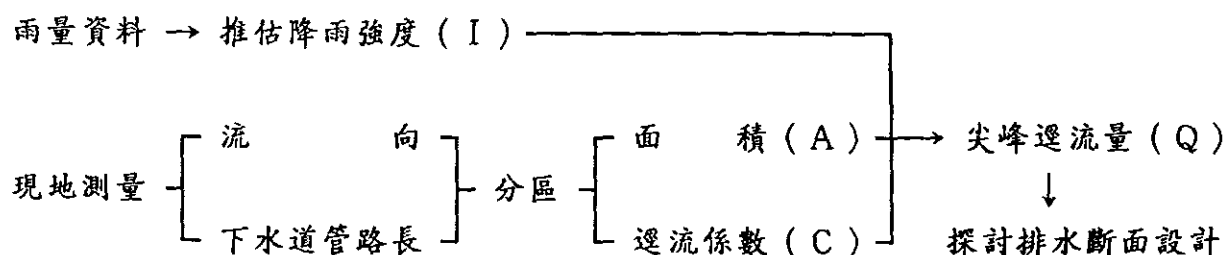
- (1) 將欲分析之雨量資料排序、取對數，並求其均數及標準偏差。
- (2) 由頻率分析通式： $QT=M+KtS$  (KT：頻率因子，可查表得之) 求出 QT值。
- (3) 根據QT值繪圖於海生(Hazen)機率紙上。
- (4) 由圖上可知在不同迴歸週期(T)內發生暴雨之水文量大小。

#### 3. 岩井分佈法

- (1) 將欲分析之雨量資料排序、並代入  $F_n(\%) = 1-n/(N-1) \times 100$ ，求出  $F_n$ 。
- (2) 以  $F_n$  及  $X_i$  點繪圖於海生機率紙上。
- (3) 取對數並求其均數 ( $X_g$ )。
- (4) 計算  $bs=(X_1.X_s-X_g)^2/(2X_g-(X_1+X_s))$ 。

- (5) 計算  $b=1/m \sum bs$ 。
- (6) 由  $Y_i=\log(X_i+b)$ ，求得  $Y_i$  及  $Y_i^2$ 。
- (7) 由  $S=(Y_i^2-(Y_i)^2)$  及  $1/a=2NS/(N-1)^{0.5}$ ，查表找  $T$  與  $\delta$  之相關值，再以  $\delta$  代入  $\log(X_t+b)=\log Y_i+1/a \delta$ 。
- (8) 得  $\log(X_t+b)$  取其反對數後再減掉  $b$ ，即可得  $X_t$  值。
- (9) 由  $X_t$  值對應於步驟(2)，所繪之圖即可得出各迴歸週期之水文量。

## 2-3-2 研究流程



## 2-3-3 水理計算分析

一般設計排水設施均採用合理化公式，據以推算洪峰逕流量 ( $Q_p$ )，  
即

$$Q_p = 0.002778 \times C I A$$

式中：

$C$ ：逕流係數

$I$ ：最大一小時雨量 (mm)

$A$ ：集水區面積 (ha)

## 2-3-4 結果

### (一) 平均雨量與水文收支

由分析可知墾丁國家公園月降雨量之分布特性，降雨量大多集中於5-10月，其中以9月之平均降雨量為最大。

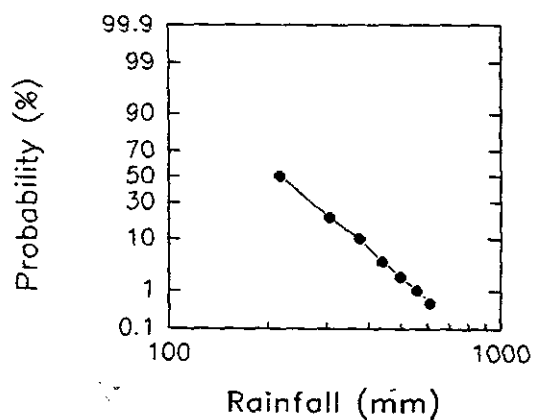
### (二) 機率雨量分析

由機率雨量分析可求得其迴歸方程式，並根據其數判定係數 ( $R^2$ ) 及估計誤差 (SE)，分列如表9及圖八所示；可瞭解對數皮爾遜第三型分佈法與甘保-周文德法所得結果最佳；對數常態分佈法與皮爾遜第三型分佈法其次，而以岩井分佈法最差。

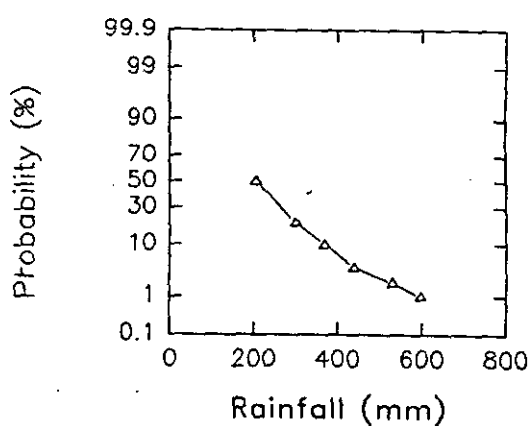
表 9 墾丁國家公園日最大雨量迴歸方程式

| 頻 率 分 析 方 法 | 迴 歸 方 程 式                           | $R^2$  | SE   |
|-------------|-------------------------------------|--------|------|
| 岩井分佈法       | $Y = -132.3 + 690.0 \text{ LOG}(T)$ | 0.945  | 74.5 |
| 甘保-周文德法     | $Y = 170.2 + 193.2 \text{ LOG}(T)$  | 0.999  | 3.3  |
| 對數常態分佈法     | $Y = 169.3 + 195.2 \text{ LOG}(T)$  | 0.998  | 4.0  |
| 皮爾遜第三型分佈法   | $Y = 137.0 + 227.8 \text{ LOG}(T)$  | 0.997  | 6.7  |
| 對數皮爾遜第三型分佈法 | $Y = 165.7 + 194.4 \text{ LOG}(T)$  | 0.9993 | 2.3  |

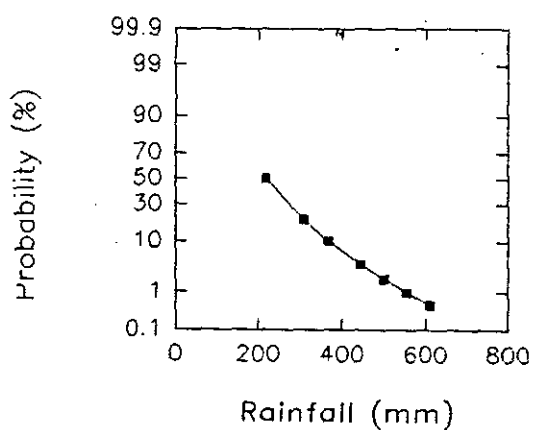
Log-Normal Distribution



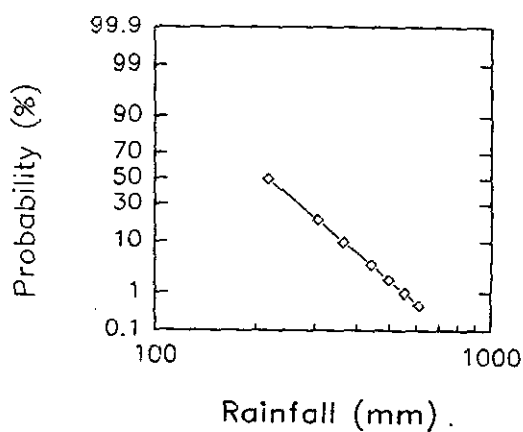
Pearson Type 3 Distribution



Gumbel-Chow Method



Log-Pearson Type 3 Distribution



圖八 墾丁國家公園一日最大降雨量頻率分析

### (三) 枯水期與洪水期水文資料分析

由本區之常年雨量觀測值，發現其降雨趨勢大多集中於5-10月，而11-4月則呈現乾旱的現象。在分析過程中顯然發現：

1. 因為在枯水期間內其土壤之水分含量低，故欲使土壤之水分含量達到飽和，進而形成地表逕流所需要的時間較洪水期所需要的時間為長。

2. 在長期的乾旱下，集水區的地下水位逐漸降低，因此在初期降雨時，因為土壤中的滲漏量大，造成大量雨水滲漏於地下水層中，使其洪峰到達時間較洪水期所需要的時間為長。因此由枯水期與洪水期資料的分析，能提供水資源達到合理有效之利用，與預測洪災。

### (四) 水理計算分析

由上述機率雨量分析中最佳之對數皮爾遜第三型分佈法，分別求得迴歸週期25年及50年之機率日雨量，以 Rhiza公式決定各溪口之集流時間後，代入物部公式，分別求出機率小時雨量，再根據合理化公式〔因為集水區之植生覆蓋率均達70%以上，故逕流係數以0.6估算之〕分別求得迴歸週期25年及50年之最大逕流量，各集水區之水理計算成果列如表10所示。

表 10 墾丁國家公園南灣至船帆石各集水區溪口之水理計算

| 橋編號 | A      | L o    | L     | H     | T c    | P       | S     |
|-----|--------|--------|-------|-------|--------|---------|-------|
| 409 | 80.68  | 281.9  | 1.112 | 168.4 | 0.3140 | 4808.8  | 15.14 |
| 410 | 33.11  | --     | 0.966 | 123.5 | 0.2464 | 2973.7  | 12.78 |
| 411 | 49.57  | --     | 0.730 | 112.7 | 0.2085 | 3152.0  | 15.44 |
| 412 | 748.90 | 6807.9 | 3.014 | 243.5 | 0.5837 | 16330.6 | 8.08  |
| 413 | 66.92  | 760.5  | 1.487 | 235.0 | 0.4308 | 4004.6  | 15.80 |
| 414 | 169.00 | 1107.5 | 2.460 | 265.4 | 0.5667 | 6678.6  | 10.79 |
| 415 | 186.90 | 1418.3 | 3.420 | 294.7 | 0.6885 | 10972.7 | 8.62  |
| 416 | 8.84   | --     | 0.450 | 60.8  | 0.1187 | 1509.5  | 13.51 |
| 417 | 121.00 | 644.9  | 1.910 | 199.9 | 0.4321 | 6050.0  | 10.47 |
| 418 | 40.22  | 389.3  | 1.094 | 161.7 | 0.3044 | 3176.3  | 14.78 |

| 橋編號 | M      | C      | E      | I 25   | I 50   | Q 25  | Q 50  |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 409 | 0.4384 | 0.6612 | 0.0360 | 246.90 | 278.77 | 33.2  | 37.5  |
| 410 | 0.4705 | 0.6850 | --     | 285.55 | 322.41 | 15.8  | 17.8  |
| 411 | 0.6270 | 0.7907 | --     | 315.64 | 356.37 | 26.1  | 29.4  |
| 412 | 0.3529 | 0.5932 | 0.0045 | 170.19 | 192.16 | 212.4 | 239.9 |
| 413 | 0.5244 | 0.7231 | 0.0121 | 204.24 | 230.60 | 22.8  | 25.7  |
| 414 | 0.4716 | 0.6891 | 0.0132 | 173.24 | 195.60 | 48.8  | 55.1  |
| 415 | 0.1951 | 0.4411 | 0.0109 | 154.15 | 174.04 | 48.0  | 54.2  |
| 416 | 0.4875 | 0.6972 | --     | 442.69 | 499.83 | 6.5   | 7.4   |
| 417 | 0.4154 | 0.6436 | 0.0192 | 203.86 | 230.17 | 41.1  | 46.4  |
| 418 | 0.5010 | 0.7068 | 0.0184 | 251.52 | 283.99 | 16.9  | 19.0  |

[ 說明 ]

A : 集水區面積 (ha)

L : 集水區主流長度 (m)

L o : 集水區上游至各號橋溪口間之水平距離 (Km)

H : 集水區上游至各號橋溪口間之起伏量 (m)

T c : 以Rhiza公式求得之集水區集流時間 (hr)

P : 集水區周長 (m)

S : 集水區平均坡度 (%)

M : 集水區圓比值

C : 集水區密集度

E : 集水區細長比

I 25 : 迴歸週期25年之機率小時雨量 (mm)

I 50 : 迴歸週期50年之機率小時雨量 (mm)

Q 25 : 利用合理化公式推估迴歸週期25年之最大逕流量 (cms)

Q 50 : 利用合理化公式推估迴歸週期50年之最大逕流量 (cms)

本調查區內土地所有權，以公有土地爲多，包括國有、省有、縣有、鎮有（以上縣有及鎮有所佔比例甚小）及林班地、原野地等，佔有92%以上，其他爲私有地。私有土地大致分佈在台24號省道附近，以集中於南灣、潭子灣、墾丁公園門口、船帆石及鵝鑾鼻等地區爲多。由於民國七十四年起，本區規劃爲國家公園，對私有地之使用多有所限制，使得當地私有土地除部份建築旅社，配合旅遊，從事商業活動外，幾乎甚少從事農業經營。或者，有的則以從事農牧經營爲名，而改營其他事業，例如石牛溪農場已改爲高爾夫球場。而公有土地主要爲林班地、國有林地，保安林地，試驗牧場用地，林業試驗用地及未登錄之原野地。因此，大部份之土地，除牧場地放牧之外，其餘土地均經有計畫之保育，以維護生態，地表被覆佳，水土保持狀況良好，土壤沖蝕極少。茲將土地利用現況經調查結果如下表：

表11 監測區內土地利用現況調查統計表

| 土地利用現況  | 面積(公頃)    | 百分比(%) | 備 註         |
|---------|-----------|--------|-------------|
| 旱 田     | 53.7411   | 1.79   | 目前多為荒蕪，未種作物 |
| 椰 子     | 2.0999    | 0.07   |             |
| 瓊 麻     | 6.1137    | 0.20   |             |
| 闊葉樹雜木林  | 1715.3279 | 57.18  | 相思樹、銀合歡等佔多數 |
| 熱 帶 雨 林 | 54.4780   | 1.82   |             |
| 防 風 林   | 41.9717   | 1.40   | 主為木麻黃       |
| 牧場及牧草地  | 615.4699  | 20.52  |             |
| 草 生 地   | 43.7253   | 1.46   |             |
| 露 營 地   | 30.4782   | 1.02   | 南海岸露營地等     |
| 高爾夫球場   | 19.8119   | 0.66   | 石牛溪農場已改為高球場 |
| 社 頂 公 園 | 213.9765  | 7.13   |             |
| 砂 灘     | 8.4675    | 0.28   |             |
| 道路及建地   | 165.4675  | 5.52   |             |
| 崩 塌 地   | 10.1560   | 0.34   |             |
| 公 墓     | 18.2888   | 0.61   |             |
| 合 計     | 2999.5762 | 100.00 |             |

依以上之調查與分析結果可知，目前墾丁國家公園，係以維護自然生態，保育天然景觀，對土地使用與開發行為，均有所限制，所以未來土地之使用，將不會有太大之變動。

另外，上表中，牧場及牧草地佔 20.52%，由於牧草地必須更新以及放牧，牲畜踐踏之結果，造成土壤密實與牧草生長不良，均將造成地表裸露、土壤流失，所以牧場處處可見沖蝕溝，可能為本區重要污染源之一。

## 4-1 區內之崩塌地調查

崩塌地之一般成因，歸於地質條件、地形條件及物理條件等。在地質條件上，本調查區內多屬於珊瑚礁石灰石台地及墾丁層地質，係由雜亂而層理不顯的深灰色泥岩到玢砂質沉積物所組成，岩石種類有玢砂岩、砂岩互層，且露出之地方，通常形成平緩之丘陵，有時侵蝕成惡地形，例如墾丁-9號（於表12所列）崩塌地即為此因所形成。

在地形條件方面，造成崩塌之原因，可歸納為陡坡、坡頂超載及坡趾軟化等。但因本調查區係屬國家公園管轄區內，地表覆蓋良好，較少因坡頂建築超載之原因，因此，本區之多數崩塌地係過陡之坡度，容易因土塊或岩塊自重或坡頂超載等重力因素而破壞。至於物理條件方面，乃因逕流集中，滲流水在土層間隙內，因溫度變化造成風化龜裂所致，亦為本區崩塌原因之一。除上述列舉之各種自然因素外，人為無知的開發與破壞，亦是導致崩塌的重要原因之一。例如，在南安宮與南灣賓館之開挖建築等，若不善加處理，均將導致日後崩塌之繼續擴大。

## 4-1-1 調查方法

本調查區全部面積為 2999.5762公頃，由於面積不大，交通方便，因此，本崩塌地調查係以現場勘測，並配合五千分之一像片基本圖，加以統計分析，將其位置標出，且判定其崩塌之方向、崩塌之原因、面積與體積等，於上述判定之資料綜合檢討後，就其安定情況，區分為安定、稍安定、較不安定與極不安定等四級，茲將其四種情況略述如下：

安定：崩塌地或其下部堆積物已達穩定狀況，且表面已植生覆蓋佳，層理較不發達，節理較規則，且無人為誘因繼續存在者。

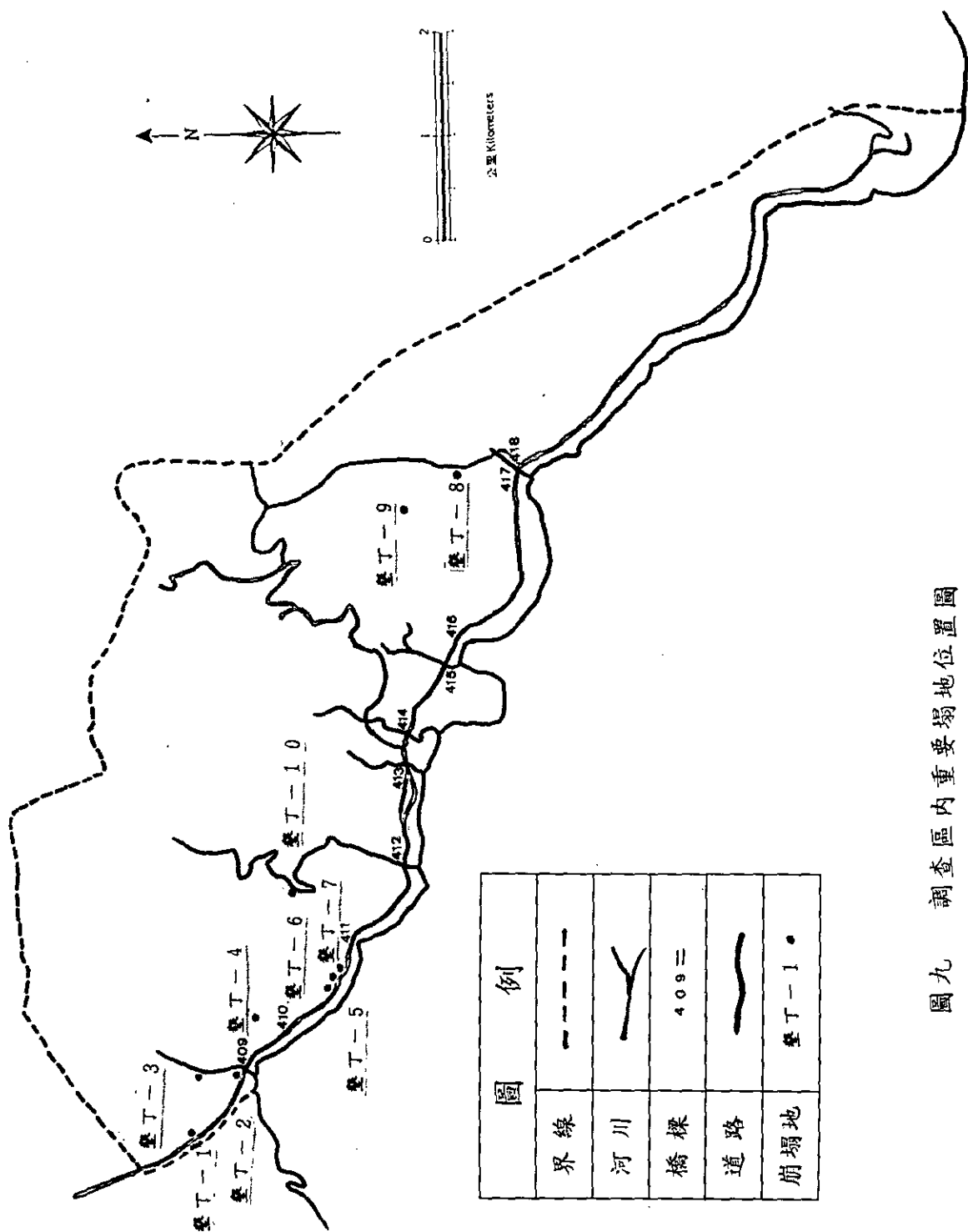
稍安定：崩塌地或其下部堆積物穩定，表面植生覆蓋稀疏，層理、節理較不發達，各種人為誘因仍存在者。

較不安定：崩塌地或其下部堆積物不穩定，層理、節理發達，風化程度較高，或有地下水滲出，有繼續崩塌之虞者。

極不安定：岩層之層理、節理等不連續面極發達，土層擾亂成崩離，仍有土石繼續崩塌現象者。

表12：監測區內崩塌地調查一覽表

| 編號                  | 墜丁-1                 | 墜丁-2           | 墜丁-3            | 墜丁-4           | 墜丁-5                   | 墜丁-6     | 墜丁-7               | 墜丁-8                   | 墜丁-9                              | 墜丁-10            |
|---------------------|----------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------|----------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 位置                  | 位於409號橋上方100公尺處在山上坡。 | 位於409號橋上方之路邊溝。 | 位於409號橋上方，沿溪谷緣。 | 南灣派出所後側附近之南安宮。 | 位於昇陽公路起點30公里處，南灣鄉警區上方。 | 同墜丁-5附近。 | 同墜丁-5附近。昇陽公路排水溝上側。 | 歐客山莊後方往社頂公棚之昇165號公路左側。 | 歐客山莊後方牧場417號橋往上升溪谷沿溪谷兩岸。          | 石牛溪上游六福山莊附近溪床邊坡。 |
| 海拔高(M)              | 45                   | 52             | 49              | 55             | 45                     | 45       | 45                 | 100                    | 80-100                            | 100              |
| 方向                  | 西南                   | 南              | 南               | 西南             | 西                      | 西南       | 西南                 | 東北                     | 複雜                                | 東                |
| 橫寬(M)               | 15                   | 15             | 20              | 30             | 15                     | 10       | 20                 | 50                     | 4000                              | 100              |
| 坡長(M)               | 3                    | 4              | 5               | 20             | 5                      | 5        | 5                  | 10                     | 20-30                             | 5                |
| 深度(M)               | 3                    | 1              | 2               | 3              | 1.5                    | 2        | 2                  | 1                      | 1-2                               | 1                |
| 面積(m <sup>2</sup> ) | 45                   | 60             | 100             | 600            | 75                     | 50       | 100                | 500                    | 100000                            | 500              |
| 體積(M <sup>3</sup> ) | 135                  | 60             | 200             | 1800           | 112.5                  | 100      | 200                | 500                    | 150000                            | 500              |
| 面坡度(%)              | 65                   | 25             | 80              | 60             | 75                     | 75       | 75                 | 80                     | 80                                | 60               |
| 土質岩類                | 墜丁層                  | 墜丁層            | 墜丁層             | 墜丁層            | 墜丁層                    | 墜丁層      | 墜丁層                | 墜丁層                    | 墜丁層                               | 墜丁層              |
| 崩生密度                | 無                    | 無              | 無               | 疏              | 無                      | 疏        | 疏                  | 疏                      | 無                                 | 疏                |
| 附近植生                | 相思、銀合歡               | 相思、銀合歡         | 相思、銀合歡          | 相思樹            | 龍木                     | 龍木       | 龍木                 | 銀合歡                    | 銀合歡                               | 銀合歡              |
| 成因                  | 逕流集中                 | 開路、開墾          | 逕流集中            | 逕流集中           | 逕流集中人為開發               | 坡度陡逕流集中  | 坡度陡逕流集中            | 坡度陡逕流集中                | 坡度陡逕流集中                           | 溪谷邊坡陡逕流集中        |
| 懸                   | 崩落                   | 人為開挖           | 崩落              | 崩落             | 崩落                     | 崩落       | 崩落                 | 崩落                     | 崩落                                | 崩落               |
| 定度                  | 稍安定                  | 極不安定           | 不安定             | 極不安定           | 稍安定                    | 稍安定      | 稍安定                | 不安定                    | 極不安定                              | 不安定              |
| 展                   | 可能自行安定               | 不安定            | 可能自行安定          | 繼續移動           | 可能自行安定                 | 可能自行安定   | 可能自行安定             | 表土剝離流失                 | 極不安定                              | 不安定              |
| 脅                   | 間接                   | 直接             | 間接              | 直接             | 間接                     | 間接       | 間接                 | 直接                     | 直接                                | 直接               |
| 程度                  | 坡度陡                  | 無因素            | 坡度陡             | 坡度陡            | 坡度陡                    | 坡度陡      | 坡度陡                | 坡度陡                    | 坡度陡                               | 坡度陡              |
| 通                   | 不方便                  | 方便             | 方便              | 方便             | 方便                     | 方便       | 方便                 | 方便                     | 不方便                               | 尚可               |
| 優先序                 | 暫緩處理                 | 極需處理           | 暫緩處理            | 極需處理           | 暫緩處理                   | 暫緩處理     | 暫緩處理               | 極需處理                   | 極需處理                              | 暫緩處理             |
| 方法                  | 恢復植生                 | 恢復植生建駁坎        | 恢復植生            | 恢復植生建擋土牆       | 恢復植生                   | 恢復植生     | 恢復植生               | 恢復植生建駁坎                | 山壁工、管制壩、恢復植生                      | 恢復植生建駁坎          |
| 註                   | 下雨造成出水口淤塞。           | 目前堆土牆正開挖道路。    | 下雨造成出水口淤塞。      | 下雨逕流集中隨即崩塌。    |                        |          |                    |                        | 沖刷極為嚴重直接影響沿途路面積土，溪谷泥沙及出海口泥濘等均甚嚴重。 | 沖刷之土石體可能流至出海口。   |



圖九 調查區內重要塌地位置圖

由上表可知，本監測區除9號崩坍地之外，面積均不大，直接影響小，且多處均以恢復植生後即可防治，處理簡單。然而9號崩坍地面積廣達10公頃以上，且為青灰泥岩，此種泥岩在低強度連續降雨時，土壤極易被水所飽和，其內聚力極小。若遇一場急雨降至地面，逕流產生必甚大，沖蝕極為嚴重，甚至造成災害。

#### 4-1-2 崩塌地整治

有關泥岩地區溪流之全面整治，若以植生技術為處理對策時，則其崩坍地已達於安息角之坡度者，需先行整地，全面行排水處理，引導逕流水排至安全地區，及行水土保持處理，全面施用大量石灰及填施稻稈、稻穀灰（因泥岩含有豐富之矽、鋁礦化物，填施稻穀稈可再增其含量，經與石灰混後，高價鈣離子取代低價鈉、鉀、氫離子，可改善土壤構造），可促進離子交換與密接作用，使土壤之土粒逐漸膠結固定，併行植草及深根性樹木，其方法可見植生處理部份。

若以工程施工方法為處理對策時，則應：

1. 泥岩地區溪流全面整治，以攔砂壩、節制壩、谷坊、護岸擋土牆等工程方法，改善逕流及溪流淘刷，攔截泥砂流失，崩坍頻繁地區劃定為保護區，陡坡者為工程施工方法削減坡度達安息角，再配合植生技術方法治理。
2. 於未固結之地層中開挖邊坡應加注意，填方邊坡之坡度、坡高之設計，同時對填方挖方地點之處理，最好經過一段時間風乾，使表層泥岩含水量降低至5%以下可緩和泥岩回脹、崩解，再進行各項必要工程或護坡工作。材料選擇、壓密過程以及護坡排水，應特別詳加規劃，妥善施工。至於小面積泥岩開挖坡面的穩定由國立成功大學水利系研究穩定報告，以黏著度較低之石油塗之，再加瀝青封層處理對水份侵入有較佳效果。
3. 泥岩地區任何邊坡的穩定處理需要削減坡度，植生與噴漿配合蛇籠方式工程，以免泥岩壓密差異沉陷而發生龜裂與翻覆。

## 4-2 石牛溪之溪谷型態調查

石牛溪是墾丁國家公園南側臨海集水區中之主要河川，其出海口亦是墾丁國家公園海域內受懸浮泥沙污染而呈現混濁現象之區域之一，茲就調查過程及形成此一現象之原因並可能之防治對策提出初步探討。

為探討海域受泥沙污染之原因除在暴雨時至現場拍攝泥沙污染海面形成混濁現象之相片以外，並利用乾季就石牛溪本身由下游朔溪而上調查泥沙來源，輸送情形，以及集水區內地表土壤沖蝕情況，作為探討發生原因與提出防治方法之主要依據。

從石牛溪出海石牛溪橋下(相片15、16)看出發現河道內泥沙皆為粒徑較大之石礫，而且其搬移輸送的範圍已經非常靠近海邊(相片16)，顯示從河道沖蝕下來之泥沙量相當多，而且粒徑較小之砂粒、粉粒、粘粒皆以冲刷入海，可能在海潮抬動之下形成懸浮物而造成混濁現象。

沿石牛朔溪而上，發現河道下游段切割情形相當嚴重(相片17、18)。其河岸高達數公尺且幾近垂直。在缺乏植生保護且坡腳不穩定的情況下，崩塌情形相當普遍(相片17)成為石牛溪中泥沙主要來源之一。另外一些自然坡面崩塌地亦提供河道泥沙來源(相片19)。而綿延彎曲的河道在泥沙運輸過程中經常在凸岸地區形成大量淤積(相片20)，當暴風雨來臨河川輸沙能力大增時，這些大量淤積的泥沙就可能是污染海域的元凶之一。

就石牛溪中、下游河道觀之其泥沙來源相當豐富(相片21)，除了河岸切割崩塌提供泥沙來源外，集水區內地表沖蝕產生之蝕溝(相片22、23)亦是主要泥沙來源之一，本區內蝕溝發生的原因有二，一為地表植生被破壞後地表逕流量增加且集中在脆弱的土壤表面，漸漸形成蝕溝(相片22)，另一原因是本區開發過程中有些道路或其他建設阻絕了原來地表排水的流暢，讓逕流形成較大之蝕溝破壞(相片23)。石牛溪另一個泥沙來源是人為不當之土地利用，在朔溪調查過程中發現河岸邊新構築一蓄水塘(相片24、25、26、27)。該水塘試用土堤壓實構築而成(相片28)，但是土堤本身及附近整地挖填土方部分皆無任何工程或植生保護措施，以至土堤本身表面有相當嚴重之沖蝕(相片25)，其他整地部分在暴雨中亦已產生大量之泥沙進入石牛溪中(相片26、27)。

綜上所述，石牛溪流域中造成海域泥沙污染之可能泥沙主要來源有三：

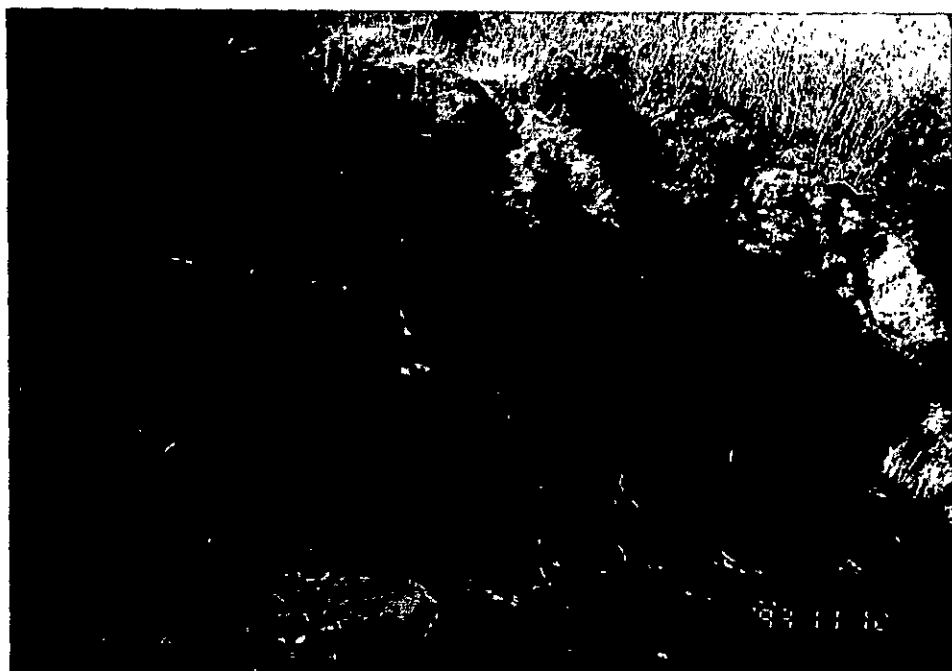
- 1、河岸崩塌、河道切割(相片17、18、19、20、21)
- 2、集水區內地表沖蝕產生蝕溝(相片22、23)
- 3、不當土地利用或利用土地過程未加保護(相片24、25、26、27)



相片15 石牛溪出海口之泥沙



相片16 石牛溪橋下之礫石



相片17 石牛溪下游崩塌情形



相片18 石牛溪下游崩塌情形



相片19 石牛溪河岸提供河道泥沙來源



相片20 石牛溪凸出河岸，大量泥沙淤積



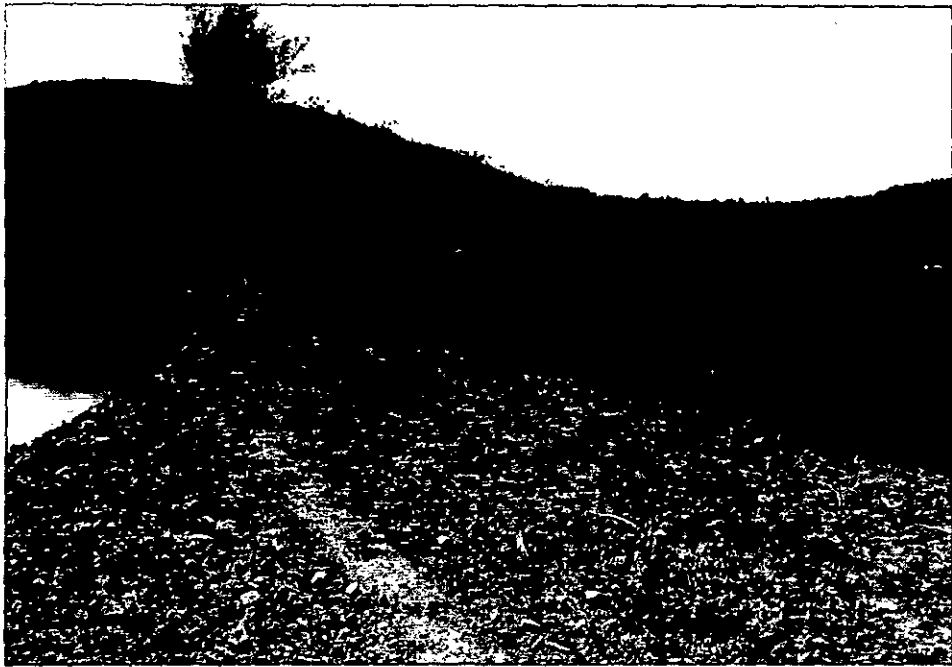
相片21 石牛溪河道泥沙來源之一



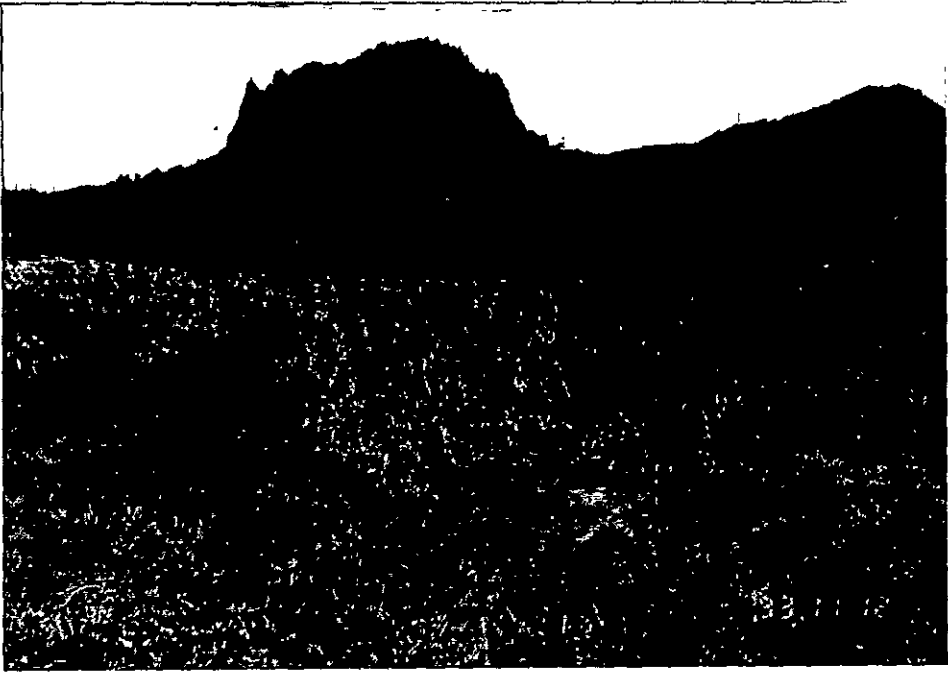
相片22 地表植生破壞，地表逕流匯集形成蝕溝



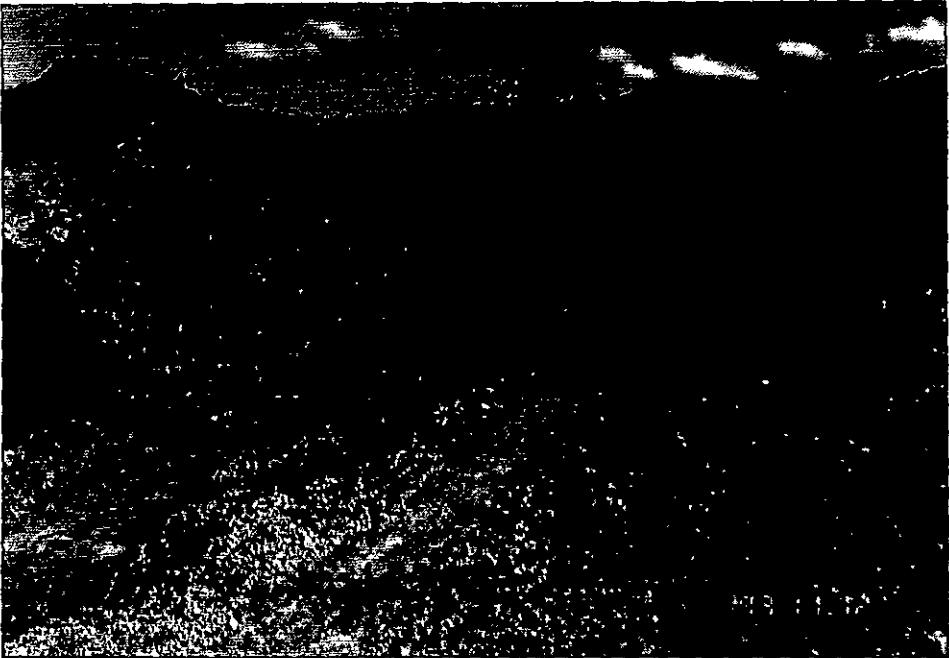
相片23 道路開闢後，阻擋地表排水而造成嚴重沖蝕



相片24 不當土地利用，水塘土堤邊坡裸露



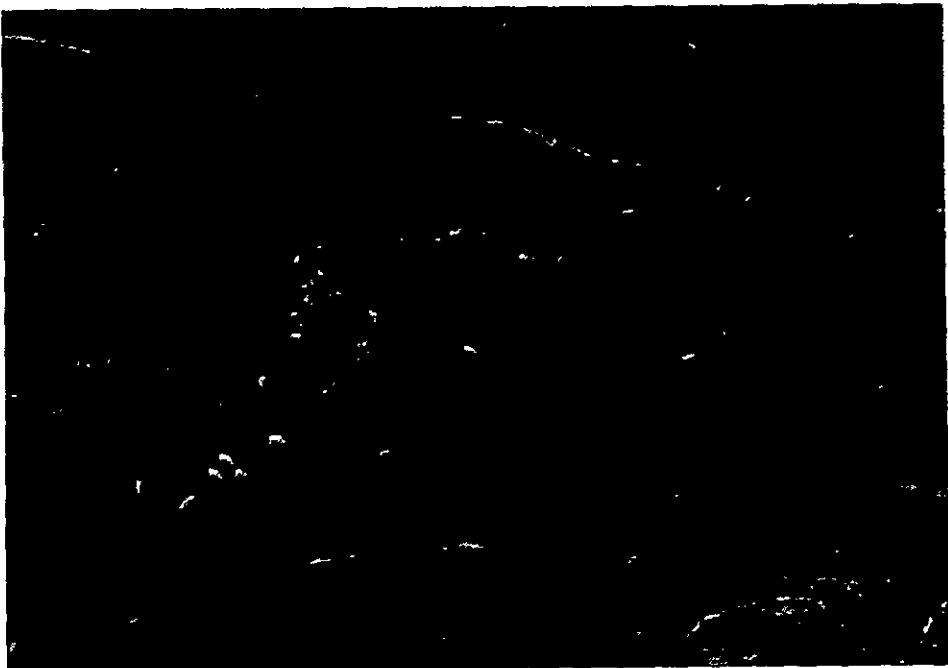
相片25 不當土地利用，水塘土堤邊坡裸露



相片26 不當土地利用，水塘土堤邊坡裸露



相片27 開挖邊坡無植生保護，亦為河道泥沙來源之一



相片28 水塘之土堤邊坡如有植生保護可防止土壤沖蝕

## 第五章 土壤沖蝕預估

### 5-1 土壤沖蝕預估

土壤沖蝕量的評估除了採用現場實際量測外，更可以藉由數值模擬的方式加以預測。通常數值模擬程式，是經由長年觀測所尋求之影響沖蝕因子的控制方程式所組成。目前運用於土壤沖蝕預估的模式可概分為(1)以經驗公式所組成之簡易預估模式；例如土壤沖蝕萬用公式(Universal Soil-Loss Equation)及(2)以物理現象結果所組成之研究預估模式；例如ANSWERS。

簡易預估模式與研究預估模式之間各有其優缺點。簡易預估模式使用方便，不需要大量的基本資料輸入，但其缺點是無法對短時間的單場降雨充蝕進行預估，且許多重要的充蝕現象均不考慮，研究預估模式的優點是可以對單場降雨之土壤充蝕量加以預估，且因模式架構中考慮到目前所有以爲人知的沖蝕現象，故數值模擬的結果較好。但由於研究預估模式基礎架構的複雜，以致輸入資料量大增，增加數值模擬之前置作業。

由於電腦的日益進步，再加上土壤沖蝕研究之知識與經驗累積，以致土壤沖蝕的預估已大部份由研究預估來取代，但土壤沖蝕之數值模擬仍有其極限。數值模擬極限的界定，取決於組成該模擬程式之控制方程式適用範圍；通常範圍愈窄，則超限使用所造成的誤差也愈大。

目前廣泛應用於土壤沖蝕預估的模擬模式有土壤沖蝕萬用公式(USLE)，ANSWERS模式，美國農業部所領導發展的CREAMS、AGNPS，及最近正值測試的WEPP模式。見於簡易預估模式無法對單場降雨進行沖蝕，故本計畫採用研究模擬模式來作為南灣地區四個主要集水區的土壤沖蝕預估。根據現場調查與記錄發現，82年10月16日於南灣地區發生一場降雨，其降雨資料如表十三所示。該場降雨造成小灣、417及418號橋附近嚴重的可見沖蝕土壤輸送現象，故本研究利用美國發展的 ANSWERS來進行預估。ANSWERS程式的選用完全是主觀的因素，雖然目前可以用 AGNPS，但由於 AGNPS程式需要的資料量太大，故不予採用。不予採用是因為研究模擬程式的一般特性。通常一研究模擬

程式所需要的輸入基本資料量愈多，其內所組成的控制方程也愈細，以致該研究模擬程式之整體表現受限，可應用範圍不大。在臺灣地形起伏較美國複雜的前題下，利用 AGNPS進行土壤沖蝕量的預估，反而增加了模擬結果的不確定性。

表13 10月16日恆春地區日降雨資料

| 時間<br>(hr:min) | 降雨<br>(mm) |
|----------------|------------|
| 1:00           | 1.50       |
| 2:00           | 0.20       |
| 3:00           | 0.00       |
| 4:00           | 28.00      |
| 5:00           | 7.00       |
| 6:00           | 4.80       |
| 7:00           | 10.00      |
| 8:00           | 0.50       |
| 9:00           | 0.00       |

## 5-2 ANSWERS之土壤沖蝕預估原理

ANSWERS土壤沖蝕預估模式是以土壤沖蝕萬用公式(USLE)為基礎架構，將一集水區予以網格化，以各個網格的主要坡向，最大坡度，地表作物或土地利用現況來進行單場降雨之土壤預估。因此，ANSWERS沖蝕量模擬之前，必須準備地形圖、土地利用現況、地表植被狀況及雨量資料等。

ANSWERS預估模式中除了考慮雨滴所造成的表面沖蝕外，更考慮蝕溝間沖蝕，蝕溝沖蝕及河道侵蝕等。ANSWERS根據所輸入的各網目主要坡向、最大坡度、地表作物或土地利用現況及土壤基本資料，分別進行沖蝕源之訂定及各沖蝕源所產生沖蝕量的預估。再藉由輸砂原理及明渠之理論將地表逕流與沖蝕土壤沿各網目之主要坡向，輸送至下游網目中。各網目之逕流與預估沖蝕量沿坡向下流至支或主水系中，最後藉由主水系的輸送入海。倘若於集水區當中有坡度急劇的減緩，ANSWERS會偵測出沖蝕土壤的淤積量。

ANSWERS根據所提供的降雨資料，進行動態的沖蝕預估。預估的時間始於降雨的開始，而預估模擬的結束止於始用者所指定的時刻。於預估的過程當中ANSWERS 除提供模擬時段內各時間的逕流歷線外，也提供於主水系出流口的沖蝕時間歷線與含砂濃度，更提供於集水區各網目內之沖蝕或淤砂量。因此藉由ANSWERS，將可對所研究之集水區，於單場降雨中，各點及出流口的可能沖蝕量有所瞭解。

### 5-3 土壤沖蝕預估模擬之步驟

利用 ANSWERS進行土壤沖蝕量的預估需遵守以下的步驟，逐步進行基本輸入資料的前置準備工作，前置工作量的大小視集水區的大小而定。

現將各步驟及其所屬之重要工作項目分述如下：

步驟1.根據集水區的位置，找出含此集水區的地形圖。

南灣地區的主要集水區，根據現場勘察及地形圖上的判識，主要的集水區有四個，分別為石牛溪集水區，由 414號橋出海的 414集水區，由 415號橋出海的 415集水區，及由 417出海的 417集水區。石牛溪集水區內的水匯流入石牛溪，入海之後進入南灣，414 集水區的水入海之後進入墾丁海水浴場，415 集水區入海進入小灣，而 417集水區的水流入海之後進入帆船石海域。

由於臺灣的地形變化劇烈，坡度起伏較大，為提高沖蝕模擬之精度，本研究決定採用五千分之一的地形圖。本研究使用的地形圖包括鎮南宮（圖號：9516-I-011），門馬羅山（圖號：9516-I-002），南灣（圖號：9516-I-011），大尖石山（圖號：9516-I-012），墾丁（圖號：9516-I-022），帆船石（圖號：9516-I-023）。

步驟2.將地形土圖組合，並在組合的地形圖上標定出主及支流水系，與各水系所屬之集水區範圍。

本研究利用上述的 8張五千分之一地形圖，加以重新組合，並標定出上述四集水區的範圍。

步驟3.將各集水區予以網格化。

本研究依組合地形圖上等高線的走勢，也為沖蝕模擬之精度，決定將五千分之一的地形圖，以每100公尺為單位，將500公尺\*500公尺的原圖網目細分。細分後每一網目之尺寸為100公尺\*100公尺，其面積為1公頃。本研究所處理之四集水區，經過網格化手續之後，即進行網格編號的工作。

步驟4.於各網格內找出最大坡度與主要坡向(如圖十)。

步驟5.根據航照或現場的探勘，標定各網格目前土地利用情形、地表覆蓋程度及作物種類。

步驟6.根據土壤分類圖或現場直接取樣之分析結果，標定各網目的土壤性質、孔隙度、田間含水量、滲漏速率及土壤可沖蝕指數等參數。

步驟7.根據地形圖或現場實地踏堪，標定各集水區主、支流於其所通過網格的最大坡度、曼寧粗糙係數及河道寬度等資料。

步驟8.選定所要模擬之單場降雨小時降雨量資料。

本研究選定發生於南灣地區之民國82年10月16日降雨。選擇該場降雨之原因乃為配合現場勘察所發現南灣水域嚴重淤砂與沖蝕所造成的污染。

步驟9.建立 ANSWERS的輸入資料檔案，檔案中包括上述步驟3至步驟8的所有資料。各集水區的集水資料需分別建檔。

417 集水區之輸出資料範例如表14所示。

步驟10.開始進行各集水區土壤沖蝕量的數值模擬。

#### 5-4 南灣地區各主要集水區之土壤沖蝕量數值模擬結果

南灣地區各主要集水區82年10月16日降雨過後之土壤沖蝕量模擬結果：彙整如表15。四個主要集水區內各網目之沖蝕量分級，標準如表16所示

表14 、墾丁公園南灣地區417集水區沖蝕模擬預估之輸入資料檔案

STANDARD PREDATA FILE FOR KENTING NATIONAL PARK, WATERSHED #4  
 METRIC UNITS ARE USED ON INPUT/OUTPUT PRINT  
 RAINFALL DATA FOR 1 RAINGAUGES FOR EVENT OF 10/16/93

| GAUGE NUMBER | R1         |
|--------------|------------|
| 0            | 60. 1.50   |
| 0            | 120. 0.20  |
| 0            | 180. 0.00  |
| 0            | 240. 28.00 |
| 0            | 300. 7.00  |
| 0            | 360. 4.80  |
| 0            | 420. 10.00 |
| 0            | 480. 0.50  |
| 1            | 540. 0.00  |

SOIL INFILTRATION, DRAINAGE AND GROUNDWATER CONSTANTS FOLLOW  
 NUMBER OF SOILS = 1  
 S 1, TP =.53, FP =.83, FC = .40, A = .80, P =.75, DF = 4.0, ASM  
 =.70, K =.36  
 DRAINAGE COEFFICIENT FOR TILE DRAINS = 0.25 IN/24HR  
 GROUNDWATER RELEASE FRACTION = .001  
 SURFACE ROUGHNESS AND CROP CONSTANTS FOLLOW  
 NUMBER OF CROPS AND SURFACES = 4  
 C 1, CROP= WOODS , PIT=1.8, PER=0.0, RC=.52, HU= 2.5, N=.075, C=.50  
 C 2, CROP= PASTURE, PIT=.40, PER=.90, RC=.49, HU= .4 , N=.075, C=.10  
 C 3, CROP= RICE . PIT=2.5, PER=1.0, RC=.40, HU= .40, N=.100, C=.04  
 C 4, CROP=CHUN-MA . PIT=.30, PER=.80, RC=.55, HU= 2.5, N=.120, C=.05  
 CHANNEL SPECIFICATIONS FOLLOW  
 NUMBER OF TYPES OF CHANNELS = 4,  
 CHANNEL 1 WIDTH = 3.3 F., ROUGHNESS COEFF. = .060  
 CHANNEL 2 WIDTH =16.0 F., ROUGHNESS COEFF. = .050  
 CHANNEL 3 WIDTH =39.0 F., ROUGHNESS COEFF. = .040  
 CHANNEL 4 WIDTH =32.8 F., ROUGHNESS COEFF. = .040  
 ELEMENT SPECIFICATIONS FOR KENTING, #4 WATERSHED (1993)  
 EACH ELEMENT = 100.0 M. SQUARE  
 OUTFLOW FROM ROW 50 COLUMN 54

|    |    |     |     |   |   |    |
|----|----|-----|-----|---|---|----|
| 32 | 52 | 220 | 0   | 1 | 1 | R1 |
| 32 | 53 | 190 | 292 | 1 | 1 | R1 |
| 32 | 54 | 200 | 238 | 1 | 1 | R1 |
| 33 | 53 | 229 | 282 | 1 | 1 | R1 |
| 33 | 54 | 259 | 233 | 1 | 1 | R1 |
| 33 | 55 | 122 | 221 | 1 | 1 | R1 |
| 34 | 52 | 282 | 329 | 1 | 1 | R1 |
| 34 | 53 | 210 | 284 | 1 | 1 | R1 |
| 34 | 54 | 282 | 242 | 1 | 1 | R1 |
| 34 | 55 | 467 | 204 | 1 | 1 | R1 |
| 35 | 52 | 289 | 282 | 1 | 1 | R1 |
| 35 | 53 | 200 | 277 | 1 | 1 | R1 |

|    |    |     |     |   |   |    |
|----|----|-----|-----|---|---|----|
| 35 | 54 | 210 | 212 | 1 | 1 | R1 |
| 35 | 55 | 267 | 243 | 1 | 1 | R1 |
| 36 | 51 | 116 | 290 | 1 | 2 | R1 |
| 36 | 52 | 150 | 268 | 1 | 2 | R1 |
| 36 | 53 | 95  | 252 | 1 | 2 | R1 |
| 36 | 54 | 292 | 150 | 1 | 2 | R1 |
| 36 | 55 | 433 | 171 | 1 | 1 | R1 |
| 37 | 51 | 292 | 310 | 1 | 1 | R1 |
| 37 | 52 | 143 | 268 | 1 | 1 | R1 |
| 37 | 53 | 80  | 271 | 1 | 1 | R1 |
| 37 | 54 | 273 | 206 | 1 | 1 | R1 |
| 37 | 55 | 486 | 185 | 1 | 1 | R1 |
| 38 | 51 | 382 | 296 | 1 | 1 | R1 |
| 38 | 52 | 210 | 282 | 1 | 1 | R1 |
| 38 | 53 | 190 | 176 | 1 | 1 | R1 |
| 38 | 54 | 238 | 172 | 1 | 1 | R1 |
| 38 | 55 | 357 | 180 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 50 | 474 | 307 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 51 | 88  | 233 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 52 | 416 | 134 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 53 | 569 | 134 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 54 | 182 | 118 | 1 | 1 | R1 |
| 39 | 55 | 138 | 156 | 1 | 2 | R1 |
| 40 | 49 | 353 | 302 | 1 | 2 | R1 |
| 40 | 50 | 73  | 229 | 1 | 2 | R1 |
| 40 | 51 | 360 | 173 | 1 | 2 | R1 |
| 40 | 52 | 330 | 195 | 1 | 1 | R1 |
| 40 | 53 | 425 | 210 | 1 | 1 | R1 |
| 40 | 54 | 320 | 59  | 1 | 1 | R1 |
| 40 | 55 | 350 | 270 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 49 | 256 | 299 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 50 | 48  | 275 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 51 | 212 | 221 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 52 | 282 | 222 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 53 | 500 | 273 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 54 | 495 | 255 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 55 | 248 | 288 | 1 | 1 | R1 |
| 41 | 56 | 155 | 270 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 48 | 247 | 288 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 49 | 138 | 317 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 50 | 109 | 293 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 51 | 267 | 196 | 1 | 2 | R1 |
| 42 | 52 | 225 | 216 | 1 | 2 | R1 |
| 42 | 53 | 250 | 261 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 54 | 280 | 225 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 55 | 362 | 257 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 56 | 236 | 247 | 1 | 1 | R1 |
| 42 | 57 | 233 | 228 | 1 | 1 | R1 |

|    |    |     |     |   |   |    |     |     |
|----|----|-----|-----|---|---|----|-----|-----|
| 43 | 47 | 170 | 272 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 48 | 116 | 219 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 49 | 143 | 279 | 1 | 1 | R1 | 143 |     |
| 43 | 50 | 50  | 266 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 51 | 507 | 303 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 52 | 208 | 237 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 53 | 100 | 210 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 54 | 313 | 305 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 55 | 180 | 278 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 56 | 211 | 247 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 43 | 57 | 262 | 218 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 44 | 47 | 210 | 347 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 44 | 48 | 133 | 342 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 44 | 49 | 64  | 310 | 1 | 1 | 2  | R1  | 64  |
| 44 | 50 | 48  | 252 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 51 | 275 | 4   | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 52 | 287 | 238 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 53 | 133 | 212 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 54 | 293 | 229 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 55 | 152 | 251 | 1 | 1 | 2  | R1  | 152 |
| 44 | 56 | 250 | 213 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 44 | 57 | 400 | 209 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 47 | 162 | 13  | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 48 | 165 | 34  | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 49 | 170 | 8   | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 50 | 29  | 285 | 1 | 1 | 2  | R1  | 64  |
| 45 | 51 | 257 | 260 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 52 | 58  | 303 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 53 | 208 | 236 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 54 | 280 | 207 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 55 | 64  | 292 | 1 | 1 | 2  | R1  | 64  |
| 45 | 56 | 282 | 209 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 45 | 57 | 327 | 180 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 47 | 190 | 31  | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 48 | 345 | 60  | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 49 | 300 | 67  | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 50 | 150 | 308 | 1 | 1 | 2  | R1  | 150 |
| 46 | 51 | 287 | 277 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 52 | 67  | 277 | 1 | 1 | 2  | R1  | 67  |
| 46 | 53 | 307 | 201 | 1 | 2 | R1 |     |     |
| 46 | 54 | 173 | 240 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 46 | 55 | 36  | 298 | 1 | 1 | 1  | R1  | 36  |
| 46 | 56 | 295 | 242 | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 47 | 48 | 600 | 46  | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 47 | 49 | 544 | 39  | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 47 | 50 | 231 | 53  | 1 | 1 | R1 |     |     |
| 47 | 51 | 70  | 0   | 1 | 1 | 1  | R1  | 70  |
| 47 | 52 | 57  | 0   | 1 | 1 | 1  | R1  | 57  |

|    |    |     |     |     |   |   |    |    |
|----|----|-----|-----|-----|---|---|----|----|
| 47 | 53 | 169 | 275 | 1   | 1 | 1 | R1 | 35 |
| 47 | 54 | 210 | 269 |     | 1 | 1 | R1 |    |
| 47 | 55 | 162 | 260 |     | 1 | 1 | R1 |    |
| 47 | 56 | 89  | 239 | 1   | 1 | 1 | R1 | 89 |
| 48 | 53 | 59  | 0   | 2   | 1 | 1 | R1 | 59 |
| 48 | 54 | 85  | 275 | 2   | 1 | 1 | R1 | 85 |
| 48 | 55 | 56  | 211 | 2   | 1 | 1 | R1 | 56 |
| 48 | 56 | 62  | 232 |     | 1 | 1 | R1 |    |
| 49 | 54 | 76  | 330 | 4   | 1 | 1 | R1 | 76 |
| 49 | 55 | 50  | 225 | 4   | 1 | 1 | R1 | 50 |
| 49 | 56 | 50  | 180 |     | 1 | 2 | R1 |    |
| 50 | 54 | 48  | 270 | 3   | 1 | 2 | R1 | 48 |
| 50 | 55 | 9   | 87  | 180 | 3 | 1 | R1 | 87 |

表15 南灣地區四主要集水區集水面積、逕流深度與土壤沖蝕量預估結果

| 集水區名稱 | 集水面積  | 逕流深度 | 平均土壤沖蝕量 |
|-------|-------|------|---------|
| 石牛溪   | 748.9 | 44.3 | 20.4    |
| 414   | 169.0 | 47.0 | 28.7    |
| 415   | 186.9 | 47.0 | 20.0    |
| 417   | 121.0 | 46.5 | 42.8    |

模擬降雨時間：82/10/16 0:00Am - 09:00Am

表16 南灣四主要集水區沖蝕量分級

| 沖蝕等級 | 沖蝕量範圍<br>(tons/ha) |
|------|--------------------|
| I    | <200               |
| II   | 20000              |
| III  | 40000              |
| IV   | 60000              |
| V    | 800000             |
| VI   | 1000200            |
| VII  | >1200              |

圖十一至圖十四分別為石牛溪集水區、414集水區、415集水區及 417集水區區內土壤沖蝕量分佈圖，而圖十五至圖十八則分別為上述四集水區出水口之預估含砂濃度歷線圖。

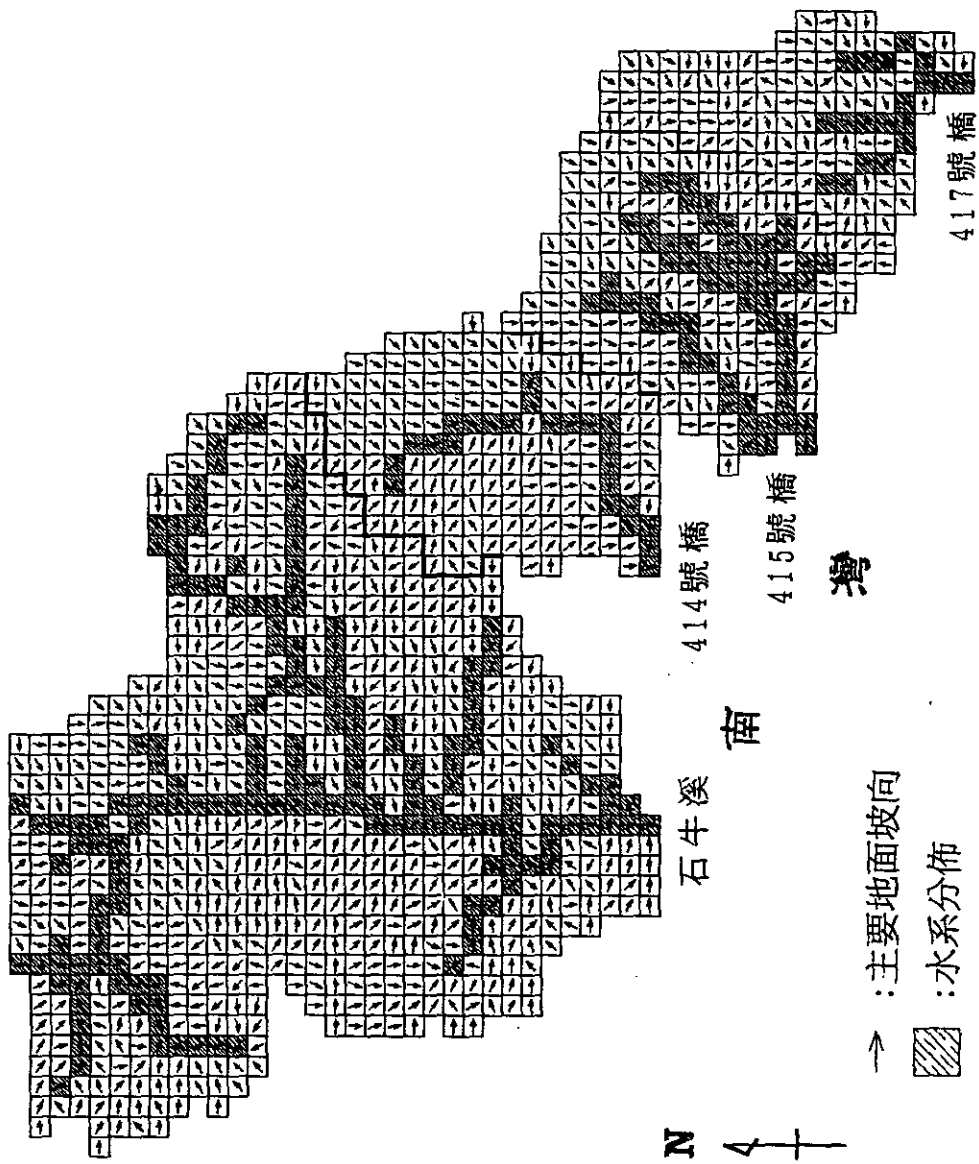
表15中之平均土壤沖蝕量的記算乃是將各集水區區內所有網格的沖蝕量，然後扣除可能發生的淤砂量，最後除以集水區面積而得。由表15之結果可以看出417集水區的平均土壤沖蝕量為四區之冠，其次為414集水區，再其次為石牛溪集水區，而以415集水區的平均土壤沖蝕量最少。雖然417集水區面積為四區之最小，但其平均土壤沖蝕量卻為四區之冠。造成如此模擬結果的原因，主要再於區內坡度上的差異。根據所建立的各網目地形資料，石牛溪集水區內之網格最大坡度為99.9%，最小為0.90%，平均為 19.84%，414集水區內之網格最大坡度為92.50%，最小為1.70%，平均為21.86%，415集水區內之網格最大坡度為66.70%，最小為1.80%，平均為19.58%，417集水區內之網格最大坡度為60.0%，最小為 2.90%，平均為22.44%，417集水區內網格最大坡度並非四區之冠，但平均坡度居四區之首，故以地形的觀點來看，417集水區已具有先天上高沖蝕量的本質。

土壤沖蝕的多寡除受集水區內坡度的緩急影響外，更受區內地形特徵影響。地形的屈折將直接影響地表逕流水及主、支流水系的流向，而逕流與主、支流流向的驟然改變，往往容易促成加速沖蝕或大量沈積。石牛溪集水區雖然集水面積為，417集水區的6倍，但其平均沖蝕量反不及417集水區的二分之一，就是受地形的影響。地形的影響使得各集水區內沈砂量互異，故區內最大沈砂量而言，石牛溪集水區為406tons/ha；414集水區為94tons/ha；415集水區為5tons/ha；而417集水區為171tons/ha。雖然石牛溪集水區內有大量的區內沈積，以致沖蝕的污染不致擴散至場外，引發場外效應，但若以輸砂的觀點來看，若發生一場暴雨，而該場暴雨足以產生定量的逕流，則沈積在石牛溪內的淤砂極可能宣洩而下，造成更嚴重的場外污染。

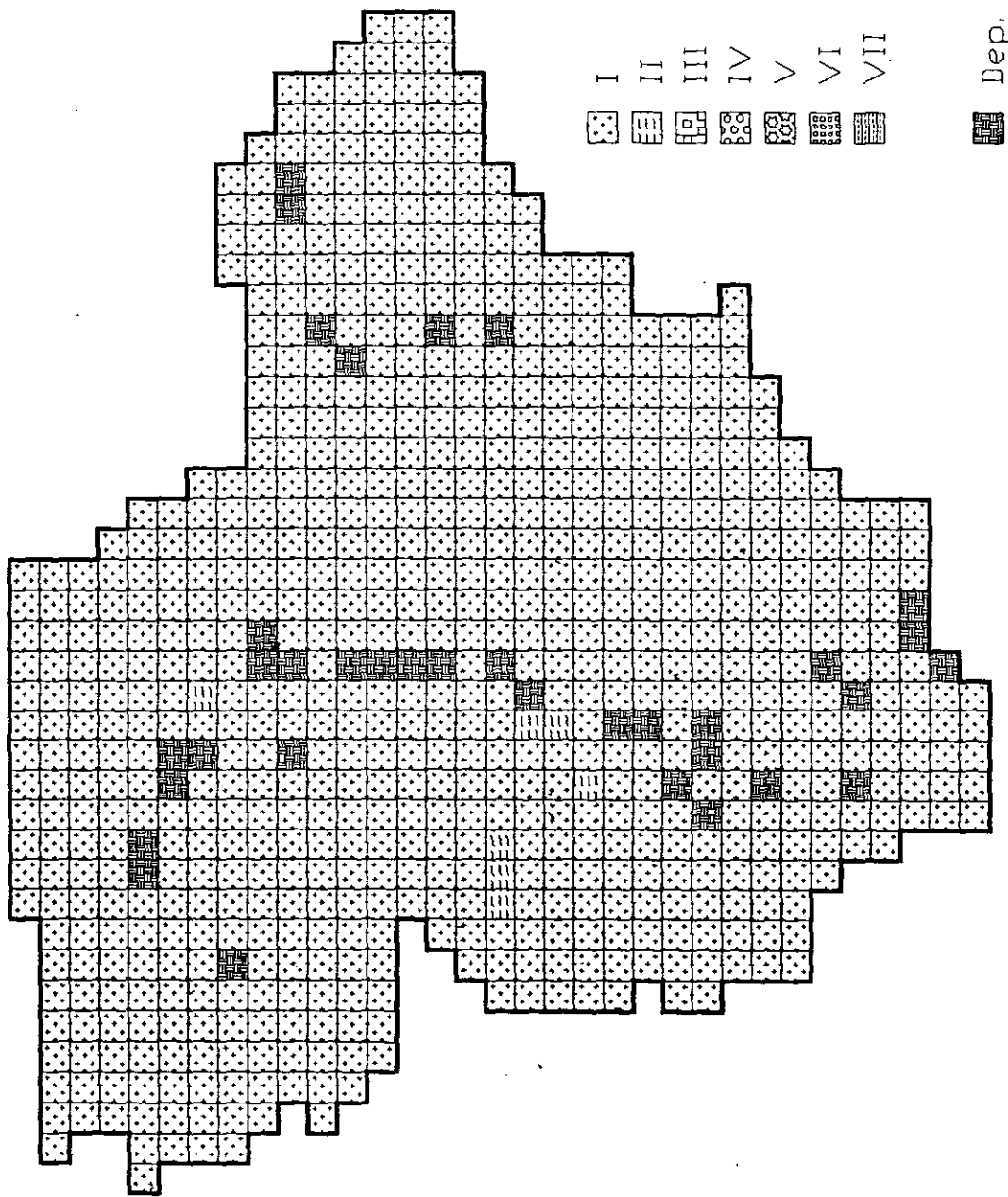
## 5-5 結論

數值模擬的可靠性取決於數值模擬程式之適用範圍，雖然目前仍無任一模擬程式可以完全保證預估的準確性，但預估之結果仍可供作為一般趨勢的參考。

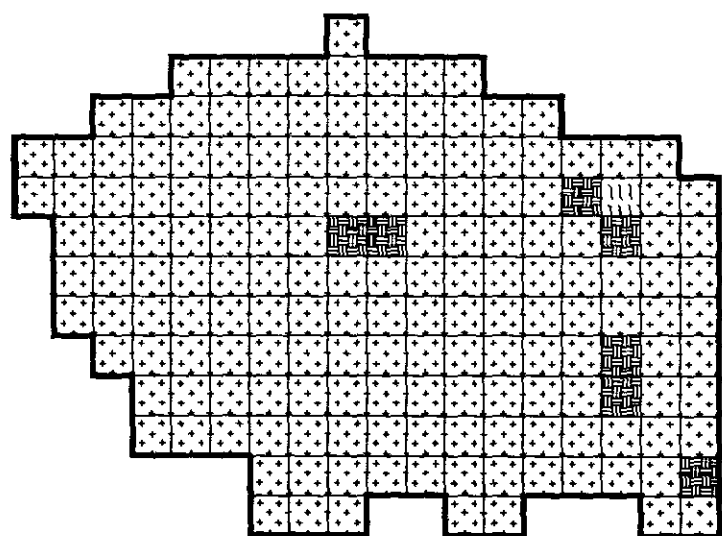
本研究利用 ANSWERS進行土壤沖蝕量的模擬，發現417集水區有相當大的土壤沖蝕量（平均為42.8tons/ha），其次為414集水區28.7tons/ha，再其次為石牛溪集水區20.40tons/ha及415集水區的20.00tons/ha。此模擬的一般趨勢，恰與82年10月16日現場實地勘察的結果相符，故對於南灣地區土壤沖蝕所引發海域污染的整治應考量以417集水區為重。



圖十 南灣地區重要集水區之地面坡向及水系分佈



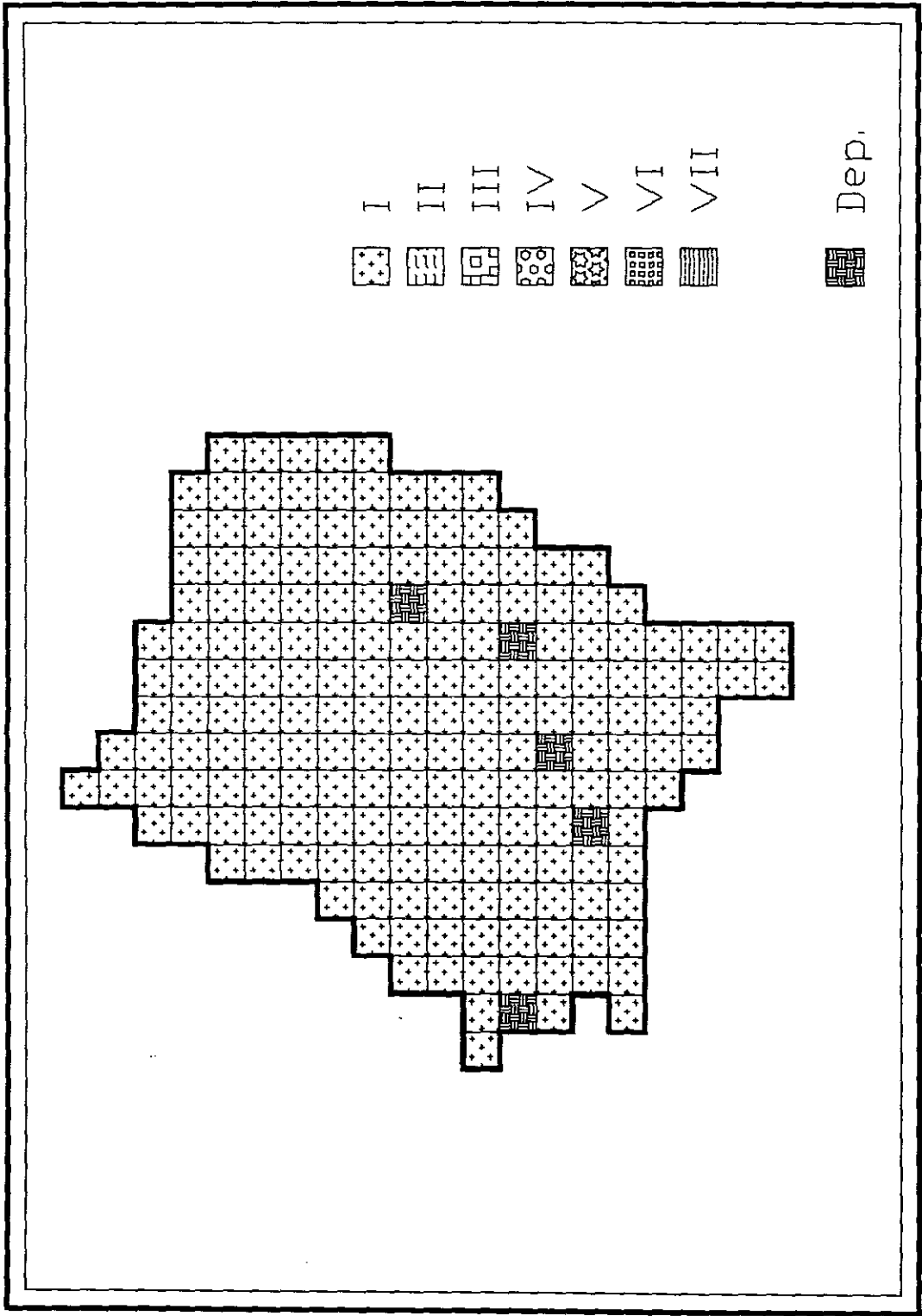
圖十一 石牛溪集水區沖蝕分佈圖



I  
 II  
 III  
 IV  
 V  
 VI  
 VII

Dep.

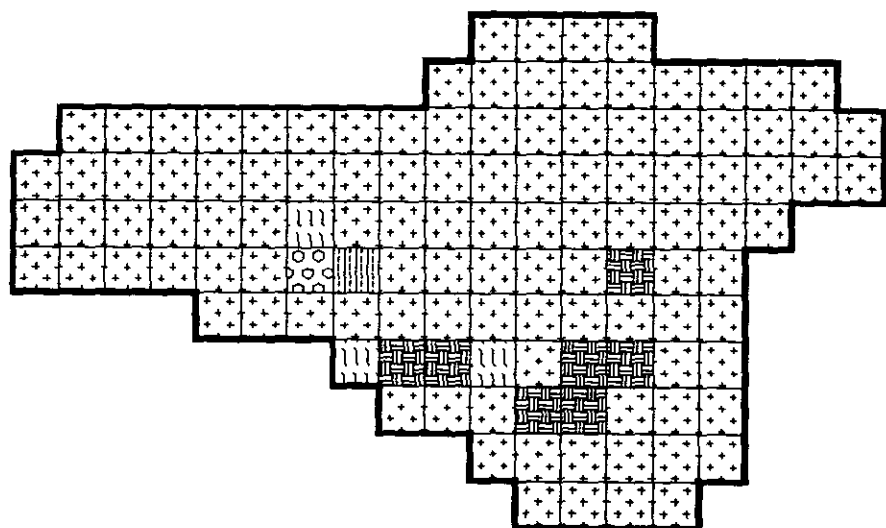
圖十二 414號橋集水區沖蝕分佈圖



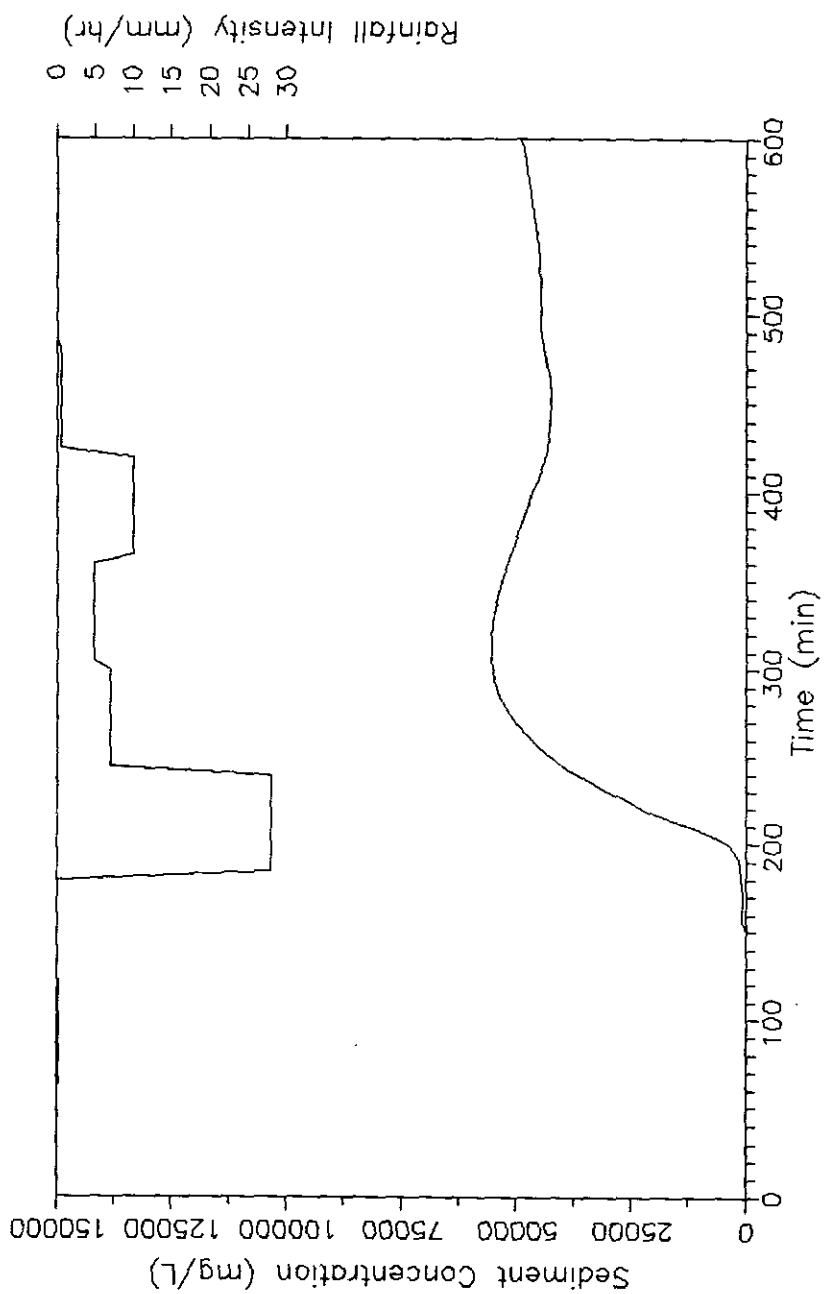
圖十三 415號橋集水區沖蝕分佈圖

I II III IV V VI VII

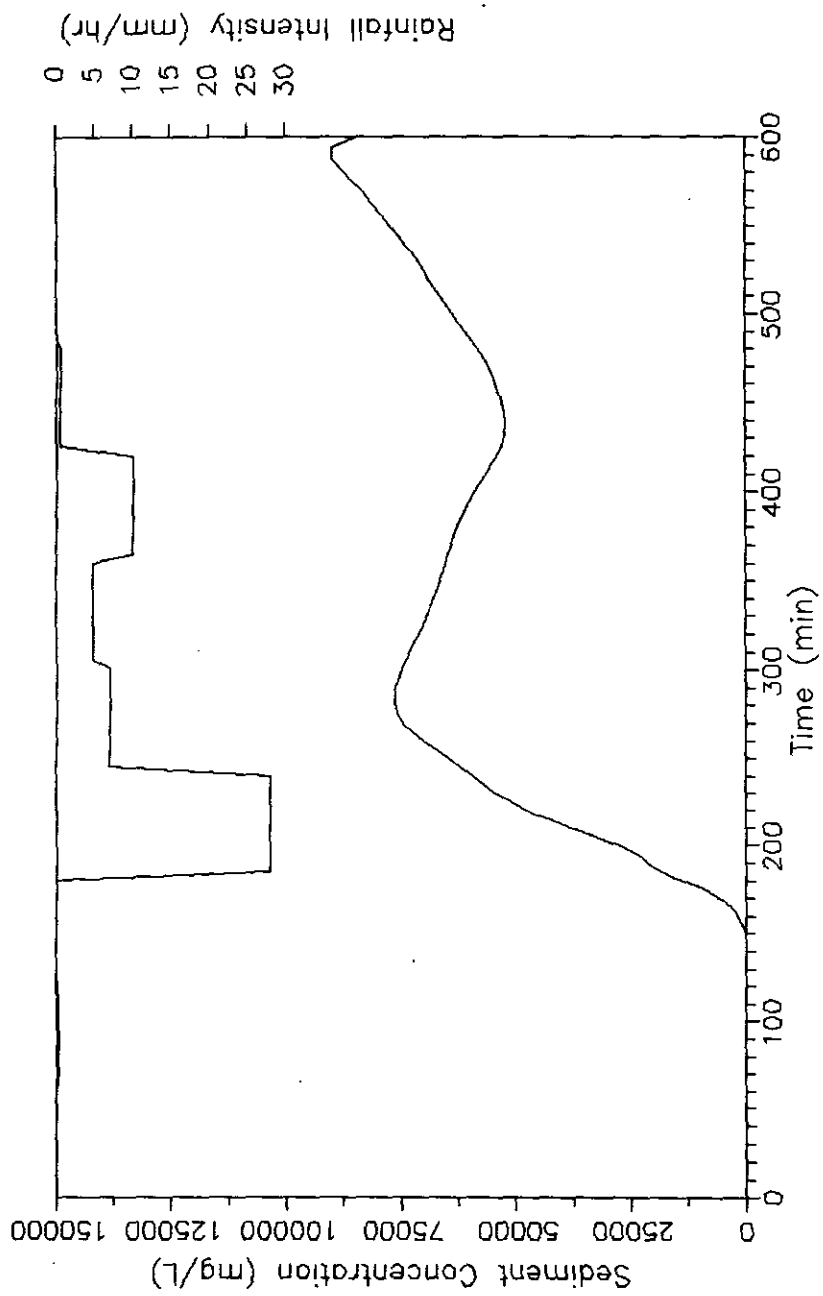
Dep.



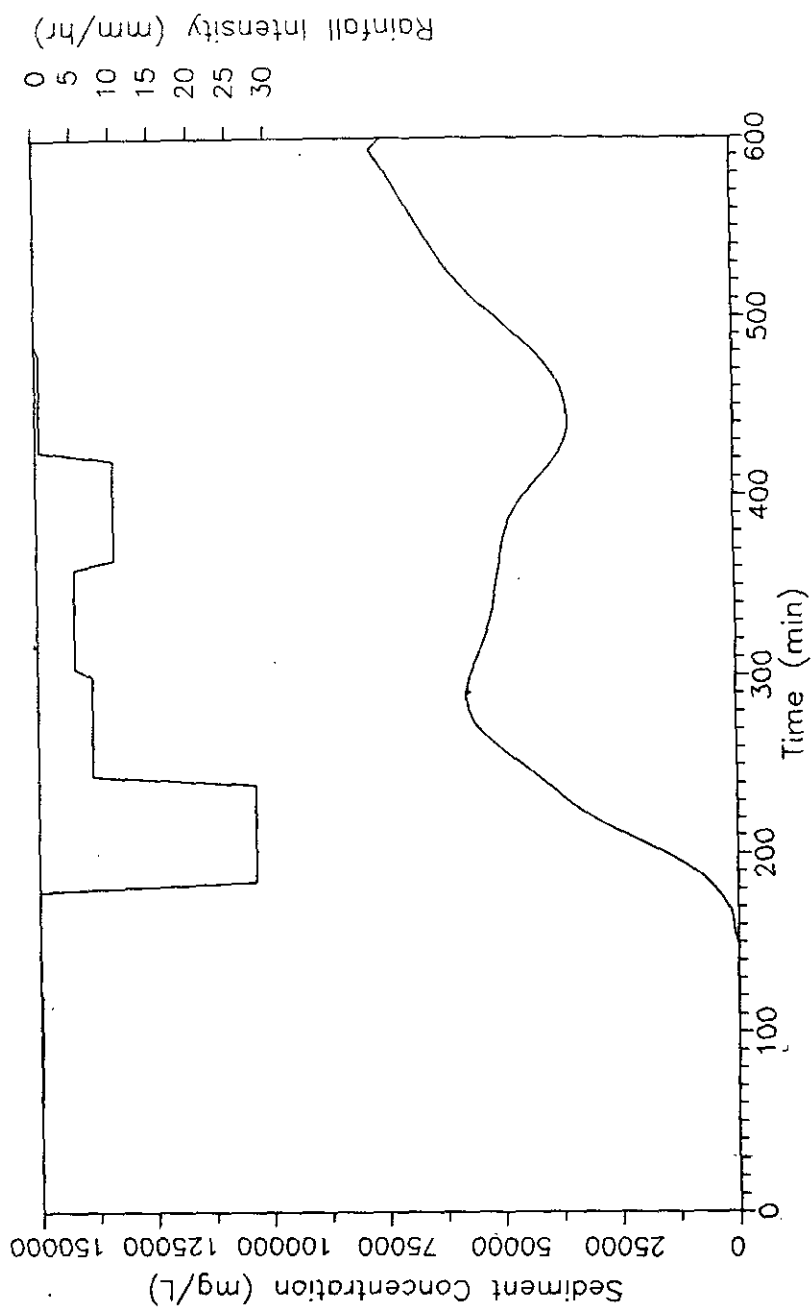
圖十四 417號橋集水區沖蝕分佈圖



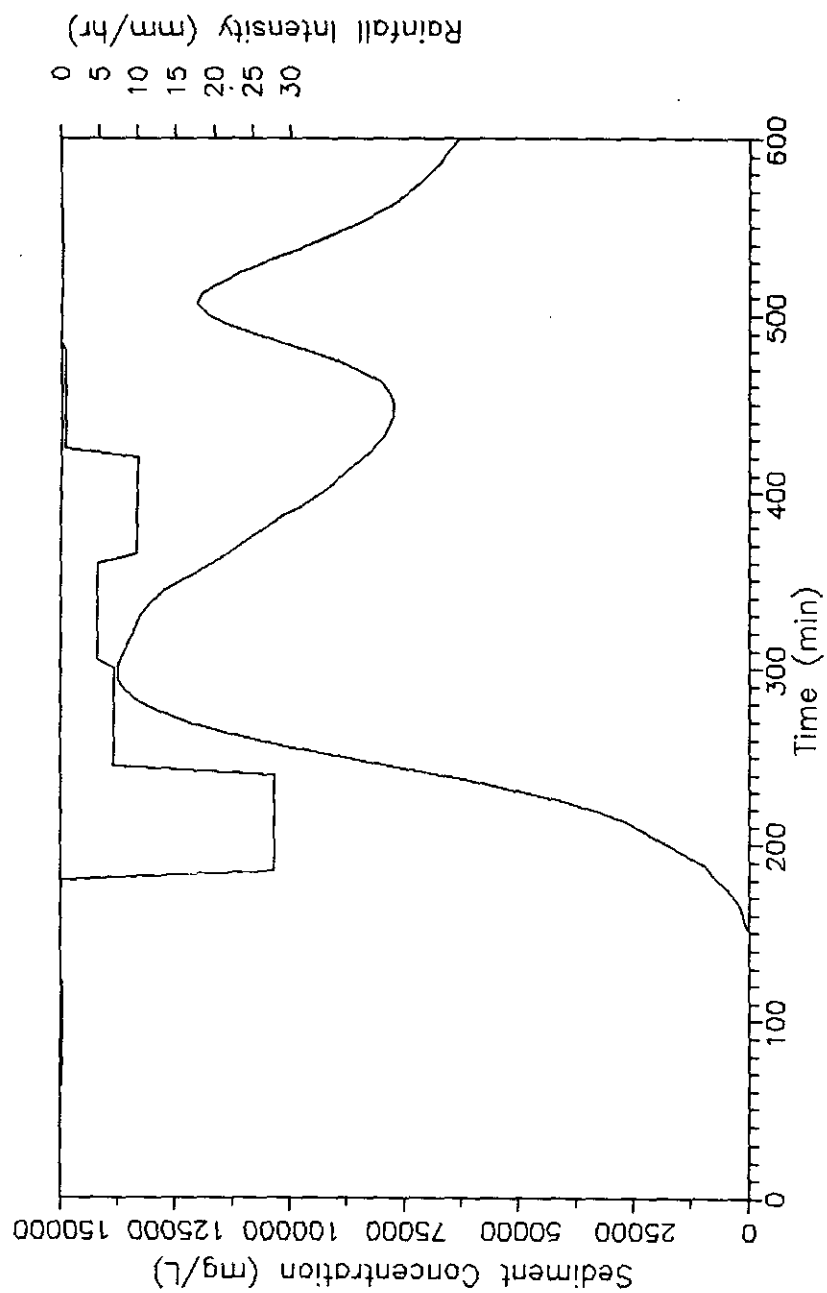
圖十五 石牛溪集水區出海口含沙濃度歷線



圖十六 414號橋集水區出海口含沙濃度歷線



圖十七 415號橋集水區出海口含沙濃度歷線



圖十八 417號橋集水區出海口含沙濃度歷線

## 第六章 水土保持對策

本監測區受地形、氣候及規劃為國家公園之影響，除畜產試驗所及部份牧場用地之外，農耕利用之土地面積極少，土地利用大部份為闊葉樹林等雜木所覆蓋，幾乎佔全面積的65%以上。根據調查資料，地表覆蓋較密地區，雖降雨量之增加，而沖蝕則未見顯著增加之趨勢。而地表覆蓋較疏之地區，雖降雨量較低，而沖蝕量卻沒有減少。因此，地表充份的被覆來保護以防沖蝕是相當重要的。所以，本區之開發建築、部份溪流沿岸淘刷、牧場放牧及崩塌地等未充份覆蓋之坡地，可能是造成降雨時，出海口混濁之原因。茲就調查分析結果，提出幾項水土保持處理對策及建議：

### 6-1 管理政策與宣導：

本監測區為國家公園，自然生態與環境之保育極為重要，因此，管理處應加強取締山坡地之違章建築，且應具水土保持處理計畫書，才能取得合法之建築執照。同時，垃圾、建築廢棄物，不應到處堆置，以免因逕流流失，造成二次污染與災害。更應宣導全區內居民，具有「吾愛吾家」、「吾愛墾丁國家公園」之精神，讓居民了解，唯有保持國家公園內之自然生態與環境整潔，才是讓自己生活舒適，才能吸引更多觀光遊客的觀念。

### 6-2 野溪治理：

本監測計畫內野溪不多，兩岸多為林木覆蓋，且集水面積不大，但為防止與減輕河道侵蝕、淘刷或崩塌，並有效控制土砂生產與移動，減少洪水與泥砂災害，野溪之治理有其之必要，並以集水區為單元，治理應具整體性，集水面積不大，集水區內河流之治理，由於形成之災害因子較為複雜，其工程之選擇，除需符合技術性目標外，尚需參酌自然環境、工程環境等選定適當之治理方法。茲相關治理方法列表於下，供為規劃之參考：

表17 災害之治理對象與相關治理工程

| 治 理 對 象      | 相 關 野 溪 治 理 工 程         |
|--------------|-------------------------|
| 坡面沖蝕、沖蝕溝發達地區 | 造林、植生、坑溝整治、縱橫向排水、山腹工節制壩 |
| 河岸崩塌地區       | 防砂壩、固床工、潛壩、護岸、丁壩、植生排水   |
| 亂流河段         | 潛壩、整流工程、防砂壩、堤防、丁壩       |
| 淤砂嚴重河段       | 防砂壩、潛壩、溜淤工程、土壩          |
| 縱向沖蝕河段       | 防砂壩、固床工、潛壩              |
| 滯洪地區         | 滯洪壩                     |

以上諸項治理方法對集水區野溪治理工程而言，很難以單項處理達到預期成效，為期發揮構造物之最有效功能達成預期目標，應依其治理目的相互配合應用。

### 6-3 坑溝控制：

坑溝整治係運用工程方法，使活動的坑溝恢復穩定、不再繼續惡化的處理。坑溝係因天然因素，或因不當之土地利用，造成沖蝕加速，使蝕溝擴大深而成坑溝。活動的坑溝若不及早加以整治，勢將繼續擴大惡化，不但使坑溝所通過的地區受害，其產生之泥砂、洪水將更危及下游地區之人民生命財產、公共設施之安全及其經濟效益。因此坑溝整治為水土保持重要工作之一。

坑溝整治方法需因地制宜，按其處理目的、坑溝大小、集水區面積、溝床坡降、土壤性質、排水狀況、覆蓋情形、土地利用、施工器材，以及所需控制程度等因子，決定適宜的方法；依其需要性及經濟性並配合兩岸之水土保持處理及下游野溪治理作系統性之規劃設計。

一般而言，採用單一坑溝治理方法常難達成其目標，往往需數種方法相互配合運用。而坑溝之整治方法為：

1. 分散逕流：建截水工程，以減少逕流進入坑溝。

(1) 截水溝：為攔截全部或部分逕流至安全地點之溝渠。用於溝頭處理時，宜設在溝頭上方適當地點。

(2) 溝面處理：整理坑溝使成較平緩坡面，以穩定水流。坑溝兩岸之危崖、易滑落之草木石塊應先行清除，以防阻塞坑溝。適宜施設機具通過或水流不穩定之坑溝。

2. 構建護岸：為防止溝岸向兩岸擴張，應於坑溝彎道處設置護岸工程。

3. 控制流心：設置整流工程，控制水流，防止流心偏離，避免坑溝範圍擴大。

4. 構築護床工、節制壩等：為調整溝床坡降、固定水道、攔阻泥砂、穩定坑溝。

5. 構築制洪湖及制洪壩：以遲滯洪流到達時間及降低洪峰流量。

6. 構築防砂壩：泥砂量較大之坑溝應構築之。

#### 6-4 崩塌地處理：

崩塌地處理係利用工程與植生方法，將崩塌地加以整治，使之達到安全穩定之目的。在本監測區之崩塌地，面積除墾丁-9號（如表12）崩塌地較大，且為泥岩崩塌地外，另外，墾丁-2號、墾丁-4號是人為之開挖外，面積均不大，危害並不嚴重，一般均以恢復植生即可達到穩定之效果。而人為開挖因素，應即取締制止其開發行為，並限期令其改善。至於，本區墾丁-9號崩塌地為泥岩崩塌地，其處理對策已於前述節崩塌地查中述及，且一般地區及泥岩地區之植生方法，亦將於第五、第六節邊坡穩定中之植生方法討論之，此節不贅述。

## 6-5 邊坡穩定：

邊坡常受到自然因素之影響而遭受破壞，破壞發生之原因大致上可歸納為驅動力之增加及抵抗力之減少兩種原因。驅動力之增加可能是因填土、蓋結構物、地下水增加、地震力之作用等；而造成抵抗力之減少為側向結構物之移除、河岸沖刷、開挖等。針對此兩種破壞原因，穩定邊坡之方式有抑制工法與抑止工法兩種。邊坡之穩定宜因地制宜，一般依現場之需要，在坡腳以工程方法穩定之，必配合縱橫排水溝排水再實施坡面植生綠化，並需有妥善的管理維護。

### 6-5-1 規劃設計原則

#### 1. 坡面

坡面太高時，應設計為階段式邊坡，其斜度應求最穩定的傾角。如為填方邊坡應依據填方材料性質，並參酌原地之地質、地形及氣象因素而決定；挖方邊坡應根據地質狀況與地層構造，並依挖方之高度而決定。若無詳細之調查數據及分析，則可參考表

表18 填方邊坡之參考坡度

| 填 方 材 料              | 填方高度<br>(公尺)  | 邊 坡 坡 度<br>(直：橫)          | 土質分類            |
|----------------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| 良好級配之砂礫或<br>礫石、砂之混合料 | 0~6<br>6~15   | 1:1.25~1:1.5<br>1:1.5~1:2 | GW、SW、<br>GM、GC |
| 不良級配之礫石              | 0~10          | 1:1.5~1:2                 | GP              |
| 岩石破碎堆積料              | 0~10<br>10~20 | 1:1.25~1:1.5<br>1:1.5~1:2 | GW、GP、<br>GM    |
| 砂質土、硬性粘質<br>土、沉泥質砂   | 0~6<br>6~10   | 1:1.25~1:1.5<br>1:1.5~1:2 | SM、SC、<br>CL、OL |
| 軟性粘質土                | 0~6           | 1:1.5~1:2                 | CH、MH           |

表19 挖方邊坡之參考坡度

| 地 質 情 況           | 挖 方 高 度<br>( 公 尺 ) | 邊 坡 坡 度<br>( 直 : 橫 ) | 土 質 分 類              |
|-------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 硬 岩               |                    | 1:0      1:0.5       |                      |
| 軟 岩               |                    | 1:0.25   1:0.8       |                      |
| 砂                 |                    | 1:1.5或更平緩            | SW、SP                |
| 砂 質 土      緊 密    | 0~5                | 1:0.8                | SM、SC                |
|                   | 5~10               | 1:0.8 ~1:1.0         |                      |
| 疏 鬆               | 0~5                | 1:1.0 ~1:1.2         |                      |
|                   | 5~10               | 1:1.2 ~1:1.5         |                      |
| 礫石或含      緊密或級配良好 | 0~10               | 1:0.5 ~1:0.8         | GW、GM<br>GC、GP       |
| 細料之礫              | 10~15              | 1:0.8 ~1:1.0         |                      |
| 質土      疏鬆或級配良好   | 0~10               | 1:0.8 ~1:1.0         |                      |
|                   | 10~15              | 1:1.0 ~1:1.5         |                      |
| 粘 土 及 粘 性 土       | 0~10               | 1:0.8 ~1:1.2         | ML、MH、CL<br>CL、OL、OH |
| 夾岩塊或礫石之粘性土        | 0~5                | 1:1.0 ~1:1.2         |                      |
|                   | 5~10               | 1:1.2 ~1:1.5         |                      |

註：土質分類符號表示：

G—礫石。C—粘土。S—砂。O—有機質。M—沈泥。W—級配良好。P—級配不良。L—液性限度50以下，壓縮性低。H—液性限度50以上，壓縮性高。

## 2. 排水工程

排水工程之目的在攔截地表或地下水，並加以誘導排除，避免邊坡因水的影響（如孔隙水壓升高、抗剪強度降低、含水量增加）而破壞，故排水工程應依據地形、地下水或岩盤面分佈狀況之調查後，再選擇最有效而經濟之方法。

## 3. 擋土工程

擋土工程是利用構造物來抵抗滑動力，具即效性，常與挖填工程及排水工程配合使用。

## 4. 坡面保護工程

坡面保護工程旨在保護坡面風化、防止沖刷，通常應就景觀與工程費加以考慮，以採用植生為原則。

# 6-5-2 方法及措施

邊坡穩定之方法種類繁多，本節僅介紹一般常用之方法。

## 6-5-2-1 工程方法

### 1. 明渠工程

明渠配置之位置以能有效匯集水流，並將水迅速排除至安全地帶，以免所匯集之水再度滲入地下。

### 2. 暗渠工程

暗渠之材料宜採柔性材料，且隨地層滑動而不折損者，底部應再鋪設防水布。蓄及地表水之暗渠工程，其地表處應以礫石、碎石、砂等材料加以填充。

### 3. 擋土工程

擋土牆種類繁多，有三明治式、重力式、半重力式、疊式、扶臂式、版樁式、地錨式等。原則上，在有滑動之虞之地區，以採用挖方少且具柔性之擋土工程為佳。

### 4. 坡面保護工程

採用工程穩定之方法有噴漿工、混凝土工、框架工、錨定工、鋪砌塊石工等。

## 6-5-2-2 植生方法

本監測區為國家公園，以維護生態及自然景觀極為重要，因此，其邊坡穩定之方法，宜以植生方法為主，避免土木工程之結構物，破壞自然觀瞻。將常用之植生方法詳介如下：

### (A) 直播

#### 1. 定義與目的

將種子直播種於坡面上，以達到綠化之目的。

#### 2. 適用範圍

- (1) 自然崩塌地。
- (2) 粘質壤土、壤土等之挖、填方緩坡。

#### 3. 設計與施工

- (1) 除去地面雜物。
- (2) 一般土壤每 $\text{m}^2$ 施用堆肥 1~1.5kg 及台肥43號複合肥料0.05kg，但得視其土壤肥力狀況增減20%。
- (3) 將種子均勻撒播於坡面，實際種子使用量請參考附錄一。
- (4) 取鬆軟之表層土，適量敷蓋於撒播種子上。
- (5) 直播後視需要加敷稻草席並固定之。

#### 4. 補充說明

- (1) 稻草席風乾重量每 $\text{m}^2$ 施用 350~500g為宜。
- (2) 在生育地條件較佳之坡面，直播種子簡單易行。
- (3) 直播法可配合苗木栽植。

### (B) 噴植

#### 1. 定義與目的

將種子、肥料、有機質肥料（或土壤）粘著劑與適量之水充分攪拌後，利用強力壓縮機噴植於坡面之植生方法。

#### 2. 種類方法與適用範圍

##### (1) 薄層噴植法

噴植厚度0.1~3cm，適用於土壤硬度小於25mm（山中式硬度計測值）之土、砂及大於25mm（山中式硬度計測值）之硬質土坡面。

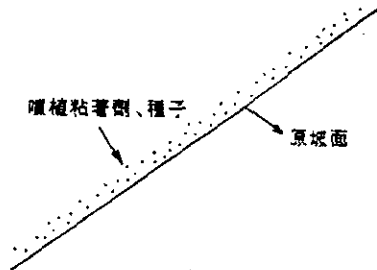
(2) 中層噴植法

噴植於鋪設鐵絲網之坡面上，噴植厚度為3~6cm，適用於軟岩坡面。

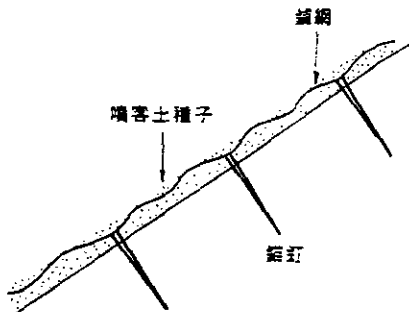
(3) 厚層噴植法

噴植於鋪設鐵絲網之坡面，噴植厚度為6cm以上，適用於硬岩坡面、粘著劑使用泥。

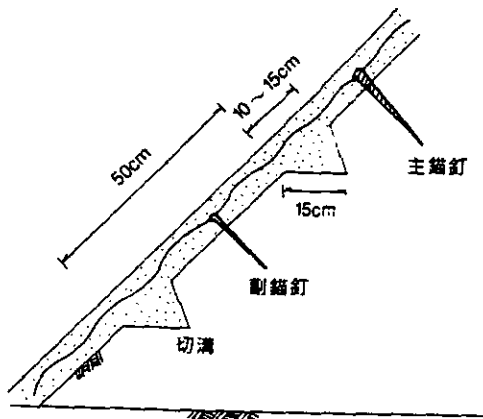
3. 圖說



(a) 薄層噴植(0.1~3cm)



(b) 中層噴植(3~6cm)



(c) 厚層噴植(6cm以上)

#### 4. 設計與施工

##### (1) 薄層噴植法

粘著劑種類：分柏油乳劑、石化系列白色乳劑（如S.fix）及天然樹脂、動物膠、植物膠。

施工法：將目的種子至少 $15\text{g}/\text{m}^2$ 以上與粘著劑 $0.2(\text{kg}/\text{m}^2)$ 左右、酌量化學肥料、色料等充分攪拌後，用噴植機（Hydro-seeder）均勻噴撒於施工坡面，視需要加蓋稻草蓆或其他敷蓋材料。

##### (2) 中層噴植法

粘著劑：水泥每 $\text{m}^3$ 用量約 $3\sim 10\text{kg}$ 或天然樹脂、石化系列白色乳劑。

噴植基材：每 $\text{m}^3$ 噴植基材含有：砂質壤土 $\frac{2}{3}\text{m}^3$ 、樹皮堆肥 $60\text{kg}$ 、泥炭 $20\text{kg}$ 、台肥43號複合肥料 $2\text{kg}$ 、水泥 $3\sim 10\text{kg}$ 、過磷酸石灰 $0.5\sim 1\text{kg}$ 。

施工法：有兩種，一是一次噴植，其種子量依噴植厚度倍數增加；二是二次噴植，其種子量同薄層噴植。施工時將目的種子與基材等置入強力噴植機，充分攪拌後均勻噴佈於鋪有鐵絲網之坡面，厚約 $3\sim 6\text{cm}$ ， $1\text{m}^3$ 噴植基材可噴植 $16\sim 30\text{m}^2$ 。

##### (3) 厚層噴植法

粘著劑：水泥 $30\sim 50\text{kg}/\text{m}^3$ 。

噴植基材：

硬質土：除水泥改為 $30\sim 50\text{kg}/\text{m}^3$ 外，餘同中層噴植。

岩壁：每 $\text{m}^3$ 噴植基材含有：樹皮堆肥 $150\sim 240\text{kg}$ 、泥炭苔 $30\sim 40\text{kg}$ 、砂質壤土 $\frac{1}{3}\text{m}^3$ 、過磷酸石灰 $1\sim 2\text{kg}$ 、水泥 $30\sim 50\text{kg}$

施工法：同中層噴植法，噴植厚度 $6\text{cm}$ 以上。

#### 5. 補充說明

(1) 噴植時噴植基材損失量約 $20\%$ ，單價分析時須預估。

(2) 中、厚層噴植分種子、有機質肥料、土壤及粘著劑用噴植機將其充分攪拌後，均勻一次施工及先噴基材、土壤、肥料等，後噴種子、粘著劑之二次施工；原則上以一次施工為宜，其種子用量雖較多，但省工。

- (3) 中、厚層噴植使用之埋設網，以使用鍍鋅或包膠者為宜，整坡時為防止施工基材日久會滑落，坡面上預作切溝為宜。
- (4) 如坡面過分乾燥，需先充分灑水後再噴植，噴嘴原則上應與坡面保持直角，其前端保持與噴植面0.8~1.0 m之距離。噴灑後 4個月內坡面應儘量避免破壞與干擾。
- (5) 軟、硬岩地區，坡面整坡後用挖穴機挖直徑1~2cm、深15~20cm、穴距20~25cm，以利根系伸入。然後鋪網噴植，可增加植物根系之固著能力及達到綠化效果。
- (6) 厚層噴植時建議每 種子混合比率為
 

|      |        |
|------|--------|
| 百喜草  | 1.0kg  |
| 百慕達草 | 0.5kg  |
| 山水柳  | 0.01kg |
| 番石榴  | 1.0kg  |
| 山鹽菁  | 1.0kg  |

### (C) 植生帶鋪植

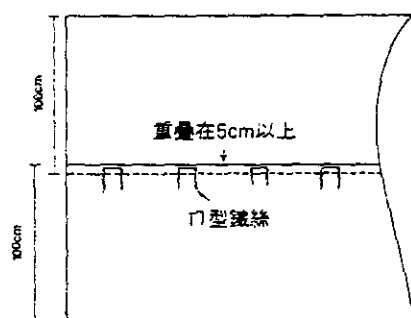
#### 1. 定義與目的

以纖維、稻草等材料製成內有植物種子之植生帶，鋪植餘坡面上，迅速達成綠化。

#### 2. 適用範圍

坡地小於45°、土壤硬度小於25mm（山中式硬度計測值）之一般土壤邊坡。

#### 3. 圖說



植生帶施工圖

#### 4. 設計與施工

- (1) 整坡鋤鬆表土清除雜物，每 施放堆肥1 ~1.5 Kg及台肥43號複合肥料0.05Kg，與土壤混合整平。挖方邊坡之施肥量酌量增加。
- (2) 植生帶一般寬1m，鋪設時應有5cm 左右之重疊。
- (3) 鋪設後以一支“Π”型鐵絲固定之。
- (4) 坡長3m以上，以上下鋪設為宜；坡長小於3m者，以橫鋪設為宜。
- (5) 不織布植生帶鋪後，可敷稻草蓆。

#### 5. 補充說明

在坡度35~45之陡坡地或沖蝕較嚴重之地區，植生帶鋪植後，應以鐵絲網固定之。

#### (D) 土壤帶植生

##### 1. 定義與目的

於硬質土、強酸性土、強鹼性土、礫石層或構築固定框基礎工程之坡面上，以內盛種子、肥料等之土壤袋客土，藉以改善生育地條件。

##### 2. 種類與適用範圍

- (1) 土壤包：硬質土穴植育苗用。
- (2) 土壤袋：框內植生、全面鋪植、擋土設施及草溝等用。

##### 3. 設計與施工

- (1) 土壤包可用不織布縫成適當大小之長形包，內含種子、蛭石、真珠石、化學肥料及有機質肥料。
- (2) 土壤袋係利用遮光率70%PE塑膠網縫製而成。其大小為60cm×40cm，填有機質土後以大小為30cm×10cm×50cm。
- (3) 土壤袋內容土基材：以土壤、堆肥、化學肥料1：50Kg：5Kg比例之充分攪拌後，裝入袋內封口。
- (4) 坡面上之土壤袋宜以鐵絲固定之。
- (5) 土壤袋上可另行扦插植生材料。

##### 4. 補充說明

較緩坡面或生長快速的植物可隔區鋪設，以節省費用。

## (E) 草苗栽植

### 1. 定義與目的

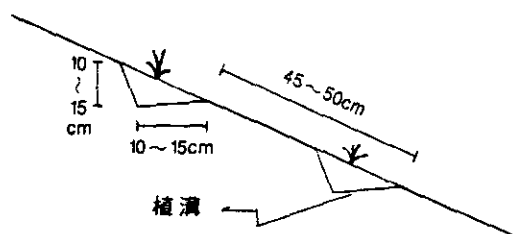
在坡面上，每隔適當距離種植草苗，以覆蓋坡面，防止沖蝕。

### 2. 適用範圍

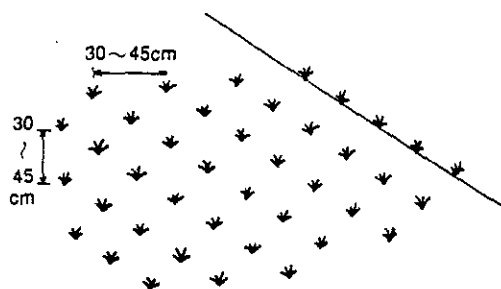
(1) 一般土質坡面，其坡度小於35°者。

(2) 易取得草苗之地區。

### 3. 圖說



(a) 開溝式草苗栽植



(b) 穴植式草苗栽植

### 4. 設計與施工

#### (1) 開溝式草苗栽植

i. 坡面整平後，沿等高線，每隔30~45 cm挖掘深寬各約10~15cm之植溝，直溝之溝底應稍內斜，以截蓄水分。

ii. 於溝內，每 $m^2$ 均勻施放堆肥2 Kg及台肥43號複合肥料0.05 Kg，並與原土壤拌合。

iii. 苗高10~15cm，至少三節， $\frac{2}{3}$  埋入土中，充分壓實並澆水。

## 5. 補充說明

- (1) 中、低海拔地區，邊坡基礎工程附近之裸露坡面，種植草類覆蓋。
- (2) 儘量利用陰天或雨後土壤潮濕時種植，草苗應放置陰涼處，加以澆水或適當浸水。
- (3) 百喜草與百慕達草隔行栽植或混合栽植，由於百慕達草生長快速，可加速覆蓋，但後期則百喜草生育良好，可發揮良好的坡面保護功能。
- (4) 百喜草種植時，如勞力充裕，可將其枯葉梢去除並剪短葉片以立成活。
- (5) 新聞道路之挖方、畸零地之坡長不超過7 m者，坡度可酌予放寬至45°。

## (F) 草皮鋪植

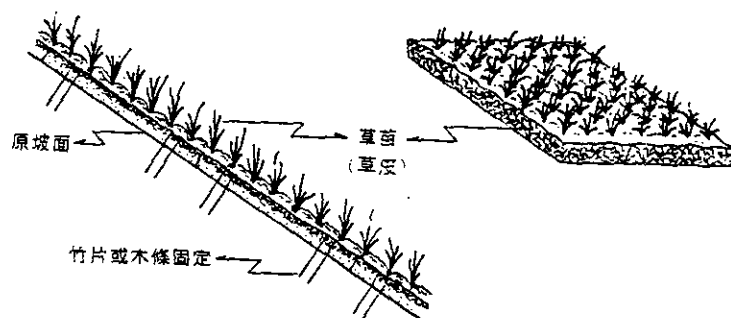
### 1. 定義與目的

將草類放置於適當之容器或苗床栽植後，將草皮連根帶莖及部分土壤一併截取移植到所需鋪設處。如此可藉草類茂密之植株及根系，保護地表及盤結土壤，減低初期之土壤沖蝕，達到快速覆蓋之效果。

### 2. 適用範圍

- (1) 坡度緩於45°之黏壤土挖方坡面。
- (2) 需快速覆蓋之一般填方坡面。
- (3) 草溝或路面植草。

### 3. 圖說



草皮鋪植示意圖

#### 4. 設計與施工

- (1) 先除去表土深15~20cm處之雜草根株及石礫後，耕除鬆軟耙平坡面，並注意排水。排水不良處宜設明渠或暗溝排水。
- (2) 若用土盤培育草苗，土盤內盛有機質土，複合肥料及草類種子，培育1~2個月後移至坡面使用。或於平坦地面上、下鋪不透水布，上覆過篩土壤，有機質肥料等混合物約3 cm厚後，撒播種子並培育1~2個月。
- (3) 鋪植時可採間隔鋪植(三角形鋪植)條狀鋪植，條鋪時，可於坡面上沿等高線每隔40~60挖一條深寬各約20cm之植溝，直溝內每施用堆肥1~2 Kg及台肥43號複合肥料0.05 Kg，而後將草支平鋪於其上。
- (4) 鋪植時，可先將過篩之細土，適量均勻撒於坡面上，並壓實使鋪植之草皮根部與表土緊密接觸。
- (5) 鋪植後需充分灌水，並視實際需要以木條或竹片固定之。

#### 5. 補充說明

- (1) 草皮鋪植最好在梅雨季節進行。
- (2) 草皮常用之草種包括百喜草、百慕達草、類地毯草、假儉草等。
- (3) 草皮鋪植前，如地面乾燥，需先適量澆水。草皮挖取後儘快鋪植，鋪植前先放置陰濕處並加以敷蓋，以提高成活率。
- (4) 須快速覆蓋之坡面或草溝，可全面鋪植。

#### (G) 容器育苗栽植

##### 1. 定義與目的

先以塑膠袋、育苗盤、穴植管等培育苗木，在移植到需植生處理地區。

##### 2. 種類及適用地區

###### (1) 種類

- i. 塑膠袋育苗：適用於一般造林或需大量規格一致之苗木。
- ii. 育苗盤法：適用於一般草本植物或花卉之播種或扦插育苗等直接栽植不易成活地區。
- iii. 穴植管：適用於林木或藤本育苗。

## (2) 適用地區

- i. 土層薄，礫石含量多，沖蝕嚴重之地區。
- ii. 棄土石地，無法挖溝植草，植物生長不易地區。
- iii. 需迅速綠化或需補植之地區。

## 3. 設計與施工

- (1) 培育植物及使用容器種類之不同，其培養基材之配方亦異。塑膠袋育苗法，以土壤、泥炭苔、細沙(比例為 6:3:1)或土壤、稻殼(比例為 4:1)為培育基材；育苗盤法或穴植管法，使用土壤、泥炭苔、真珠石(比例為 1:1:1)，花卉類則以泥炭苔、蛭石、真珠石(比例為 1:1:1)為培養基材。
- (2) 土壤與種子得視實際需要加以消毒，扦插材料可用發根促進劑加以處理。
- (3) 將坡面雜物清除，並整平後，沿等高線挖植穴，植穴之大小依所擬種植物種類而異，栽植灌木或喬木者，其植穴大小需略大於土團大小，深度則宜較土團厚度多 20cm，植穴配置為三角形穴距之中心間距視植物種類及立地條件而定。穴內可酌量施放緩釋性肥料。
- (4) 栽植時剝除容器掏取苗木，或輕提穴植管內之植苗，使容器內之培養基材連同苗根保持完整，不致鬆散。

## 4. 補充說明

- (1) 以塑膠袋育成之苗木宜儘早移植穴中，尤其栽植在礫質土或風化軟岩及岩裂坡面之穴植苗，苗木之盤根需加以修剪，以免影響根系之發育。
- (2) 塑膠袋或 PE 袋育苗時，可直接放置於室外地面上，略加陰棚並保持適當濕度。以育苗盤育苗，則需放於室溫或室內。
- (3) 坡面挖穴前，可先於坡頂及坡面構築簡易 V 型或 U 型溝。
- (4) 穴植後可配合種子點播或撒播，以加速覆蓋。

## (F) 泥岩地區植生方法

### 1. 定義

泥岩地區土壤 pH 高，粉粒含量多，乾燥時堅硬，潮濕時軟化，水土保持問題嚴重，須加強植生覆蓋以穩定坡面。

## 2. 目的

- (1) 藉植生覆蓋防止表層沖蝕。
- (2) 由根系網結作用，防止風化表層崩落、沖刷。
- (3) 綠化美化環境，迅速恢復植生及自然環境。

## 3. 適用範圍

限用於泥岩人工邊坡。

## 4. 設計與施工

### (1) 植生前期作業

- i. 整坡：整平蝕溝坡面須緩於1:1.5。
- ii. 排水：坡面水需儘快排除，每30~50 m 構築縱溝一條；橫向截水溝5~7m 構築一條。
- iii. 擋土處理：構築擋土牆（砌石、混凝土、蛇籠及輪胎等矮牆）以穩固基腳，並預留空間以利土砂淤積。

### (2) 植生方法

- i. 泥岩地區適用植生帶法與噴植法，因土壤肥力差，採用植生帶法時，酌予提高施肥量，每平方公尺施用有機質肥料1.5~2 Kg 及台肥43號複合肥料0.05~0.1kg。
- ii. 選擇適當草類與木本植物混植之適用植物，如百喜草、百慕達草、孟仁草、黃野百合、山水柳、山鹽菁、番石榴、九芎等。

## 6-6 土地利用調整

本監測範圍，土地所有權屬，多數為國有、公有土地，私有土地所佔面積極少，且全屬墾丁國家公園之管制區內，對現有土地之使用行為有重大之限制。因此，未來對於土地利用之調整，將不會有太大之變化。不過，據調查資料顯示，牧場中，多數地表覆蓋不良，處處坑溝，土壤沖刷與流失極為嚴重，尚且多數蝕溝仍在迅速擴大中，故應儘速整治處理沖蝕溝。的確，牧場是整個監測區內最大的污染源之一。因此，日後在土地利用之調整時，宜縮小牧場放牧之面積或選擇坡度平緩之坡地，改以圈養式放牧，並儘速恢復種植牧草，以覆蓋地表，減少裸露。

至於，目前，部分私有地私自闢建露營區、觀光旅館及高爾夫球場等，是否侵佔公有土地？例如高爾夫球場已將石牛溪河床據為己有，並將石牛溪橋下木麻黃防風林區砍除作為休閒區。其他私有土地之開發行為，是否合乎保育水土資源之要求，均請管理處隨時注意監視。

## 6-7 石牛溪流域泥沙之防治

石牛溪流域泥沙污染防治方法須針對其泥沙來源利用各種水土保持工程方法配合植生綠化已達到永久防護之目的。防治方法初步原則如下：

- 1、石牛溪河道需經仔細規劃設計，利用各種渠道整治工程，攔蓄泥沙。
- 2、集水區內地表沖蝕部分需儘快利用軟性工程設施配合植生綠化整治。
- 3、人為開發部分事先需詳細規劃，進行中需注意防災，完成後需維護管理以免造成困擾。

以下就石牛溪流域泥沙防治方法做一詳細說明。

由於石牛溪之主要泥沙來源有：(1)河岸崩塌、河道切割輸送。(2)集水區內地表沖蝕。(3)集水區內不當開發與土地利用等。而防治之最終目的是防止泥沙入海。且石牛溪流域本身並無任何流量觀測站。所以短期內可以發揮功效並兼做流量觀測之防護法是：在石牛溪出口，石牛溪橋上游段構築一透水性攔砂壩，攔砂壩下游接一混凝土構築之靜水池，於靜水池出口設一流速觀測站。先於石牛溪出口處構築一透水性攔砂壩之理由是不管泥沙來源如何，在出海口部分先加以攔蓄，使入海之泥沙量減少並穩定河床。使用透水性攔砂壩之原因是透水性攔砂壩體所承受之水壓力較小，於暴雨大逕流時安全性較高，對上游段迴水之影響亦較小。透水性攔砂壩可採用施工容易對景觀衝擊較小之蛇籠式攔砂壩(圖十九)或砌石壩(圖二十)，但以蛇籠壩較佳。壩體下游緊接著一混凝土靜水池之理由是透水性壩體只能攔蓄較大顆粒之泥沙，靜水池使細顆粒泥沙有機會沈澱不會全部輸入海中。由於石牛溪之流量泥沙量目前都沒有機會完整量測，所以在靜水池出口設置量測設備，可作為長期監測。對於將來該流域之整治亦會有較豐富之數據可作為規劃設計之重要參考資料。

以上所提之治標救急方法能奏效，那麼河川上游與集水區內只要隨時注意不使情況惡化，便能達成石牛溪泥沙污染防治目的。但若是泥沙來源相當豐富，僅用一座透水性攔砂壩與靜水池無法使泥沙量減至令人滿意的程度時，則必須根據監測數據對石牛溪整體流域做重點或全面性整治。

就目前調查所得資料，重點整治之優先次序似應為(1) 人為不當土地利用或破壞。(2) 護岸。(3) 河床固定。(4) 集水區地表沖蝕控制。但人為不當利用或破壞所牽涉之水土保持技術層面較少，僅能要求開發使用者於開發期間做好各項防護措施，並於排水系統進入河川前先經過簡易沈砂池，減少泥沙量。石牛溪流域因河岸崩塌所產生的泥沙量亦相當大，本區域之護岸工程一採用柔性蛇籠護岸工程。鐵絲蛇籠施工時必須注意鐵絲籠採用鍍鋅鐵絲，直徑以4.191及4.000公釐兩種規格。蛇籠結孔成六角形（龜甲形採用直徑4.191、4.000公釐之鍍鋅鐵絲，其孔徑為20、15公分，其第1、2種蛇籠，以縱線36、24根編成之，其斷面之短徑為60、40公分，長徑為100、60公分之橢圓形，每長150公分以鐵絲網隔斷之。

籠內石材應填實，以使用長徑25公分至35公分者為原則，但為期確實填實及填平起見，應依監工人員之指示，於其空隙內酌包填22公分以下10公分以上之塊石。所用塊石應具級配約如下：直徑25至35公分者，佔百分之八十；15至25公分者，佔百分之十五；10至15公分者，佔百分之五。

因為石牛溪流域不大，河道寬度亦小，所以河床固定工程可根據高程距離設置依系列小型透水性攔砂壩如蛇籠攔砂壩（圖十九）、砌石攔砂壩（圖二十）、樹枝攔砂壩（圖二十二）、來完成。至於集水區內地表沖蝕控制則以植生綠化復舊為主。

## 6-8 410、414、415、417、418溪谷泥沙之防治

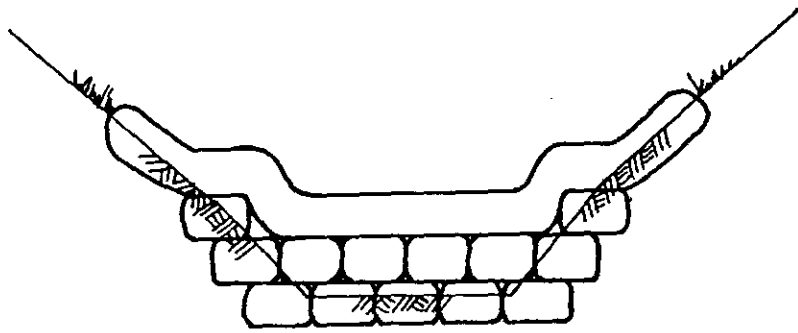
410號橋之溪谷總長僅786 m，平均坡度10.2%，溪谷本身不需特別治理，但於下游接近出口處，因南灣賓館興建實之工程棄土，未做處理而傾流溪谷（見相片39），值得注意。

414號橋溪谷總長4,413 m，平均坡度4.3%，上游岸邊植生覆蓋良好，惟下游鄰接雅客之家後方，因工程整地及傾倒廢棄物及廢棄土，均無任何水土保持處理，遇豪雨必有大量土沙流入溪中，應事先防治。

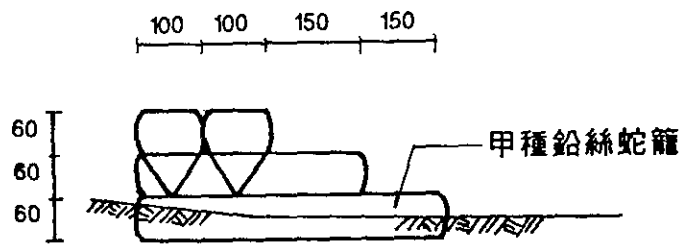
415號橋溪谷總長6,358 m，平均坡度4.1%，上游集水區為畜產試驗所大圓山牧區，由於經年累月踐踏地表，斑狀裸露明顯，甚至已形成青灰母岩之裸露，遇豪雨必有坩泥隨溪流入海，改變土地利用方式為最上策。溪谷下游植生覆蓋良好，出口為小灣海域。

417號橋溪谷總長2,148 m，平均坡度5.3%，溪谷上游位於歐克山莊後方，大圓山牧區內因動物踐踏，地表之蝕溝已到處可見，且有大面積之青灰母岩裸露，坡度均在30%以上，遇豪雨勢必有大量坩泥隨溪流入海，本溪谷之治理，應以改變土地利用方式(停止放牧)為最主要，其次為以就地取材方式建造樹枝攔沙壩，而大面積之青灰母岩則不易治理，可視之為自然沖蝕。

418號橋溪谷總長398 m，平均坡度3.8%，上游兩岸為銀合歡雜木林，覆蓋尚稱良好，惟臨屏165號公路往社頂方向，道路邊坡約有200 m裸露青灰母岩，再者龍仔埔地區多處私有地，因利用不當以造成地表裸露，治理上亦唯有以改變土地利用方式為主要。

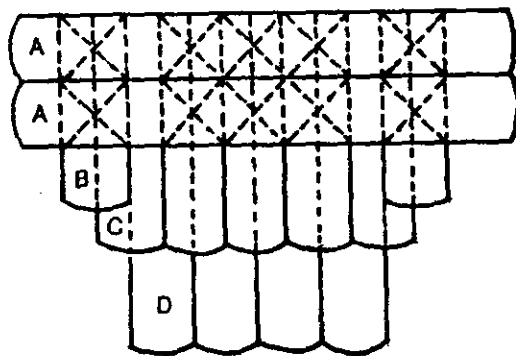


正面圖



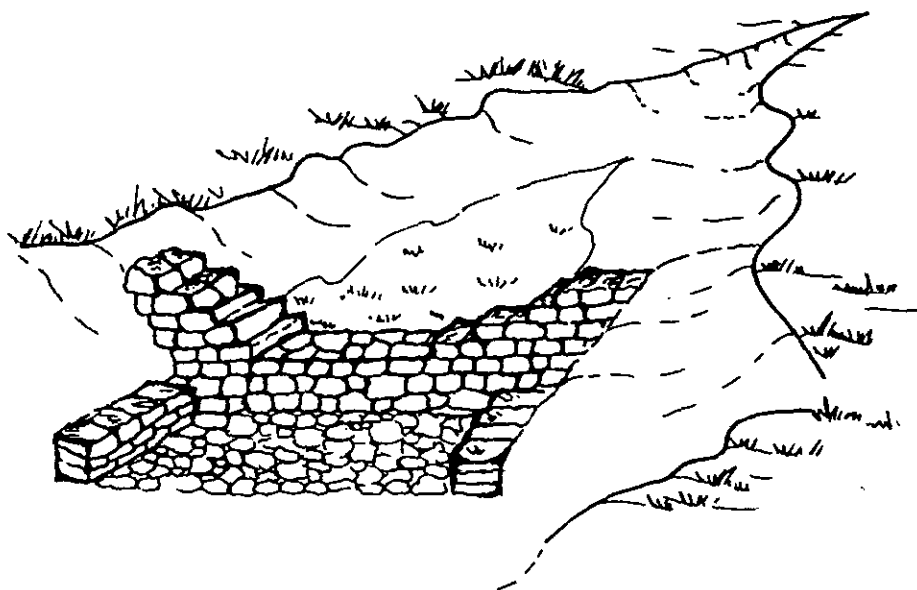
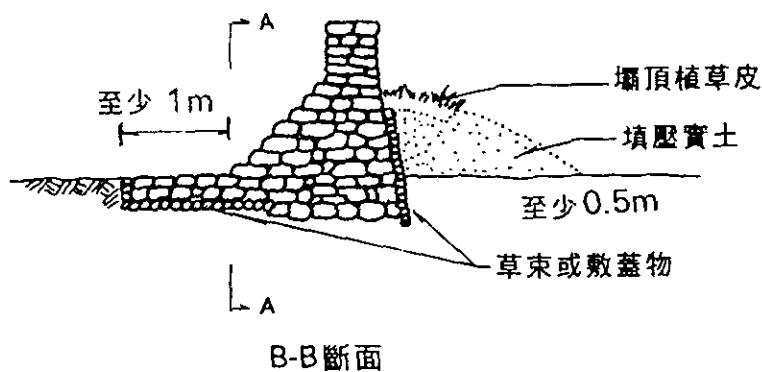
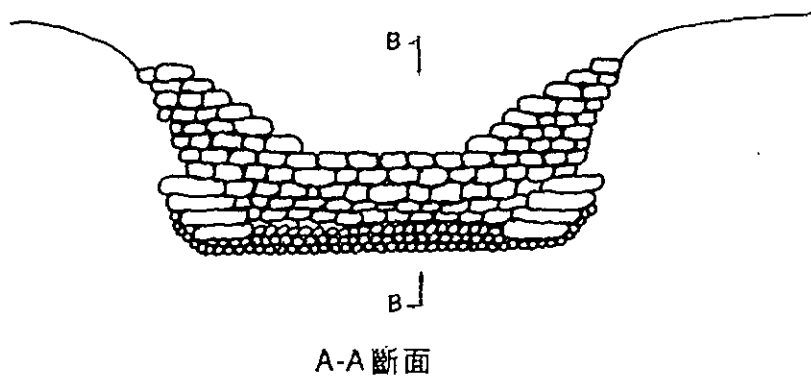
斷面圖

ε 流向

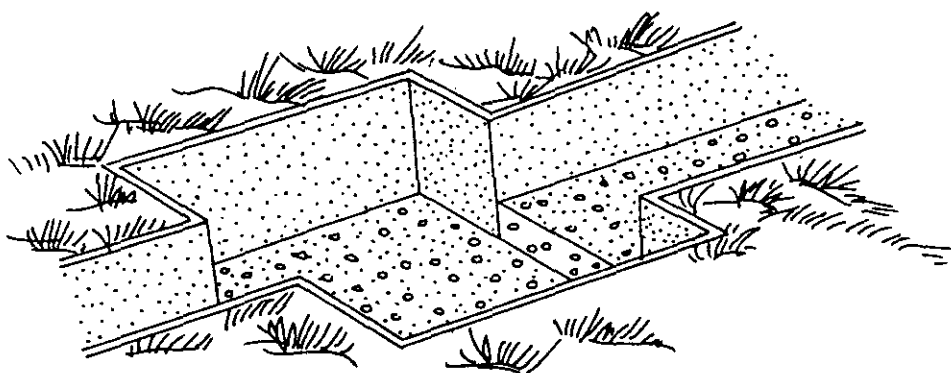


平面圖

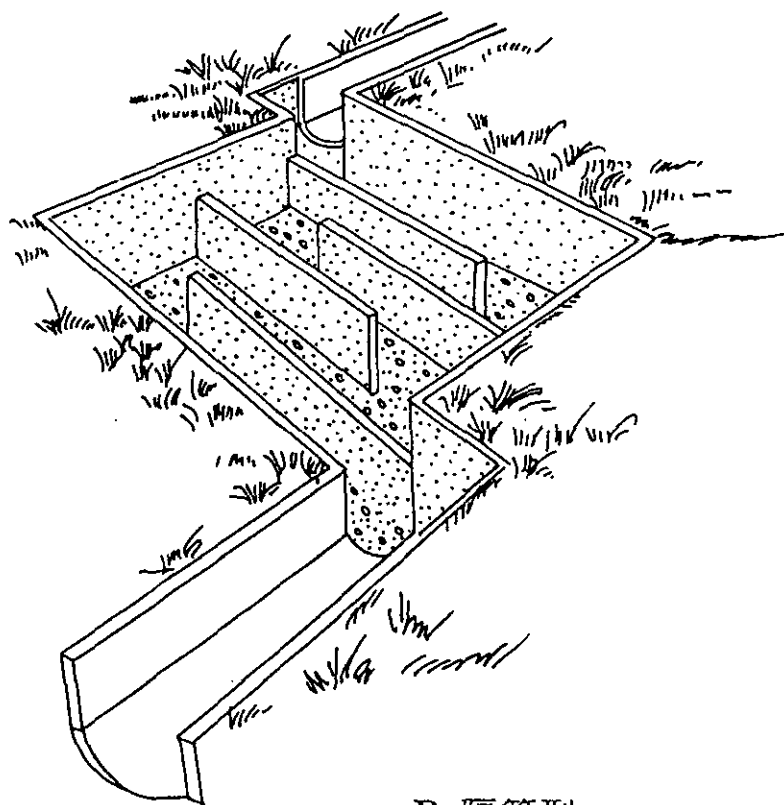
圖十九 蛇籠式攔砂壩



圖二十 砌石式攔砂壩

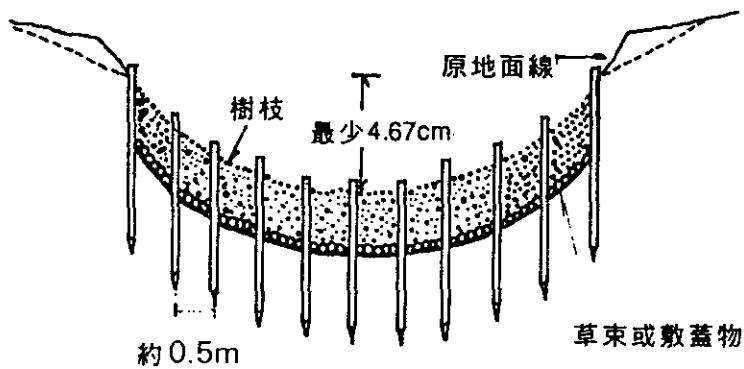


A 簡易型

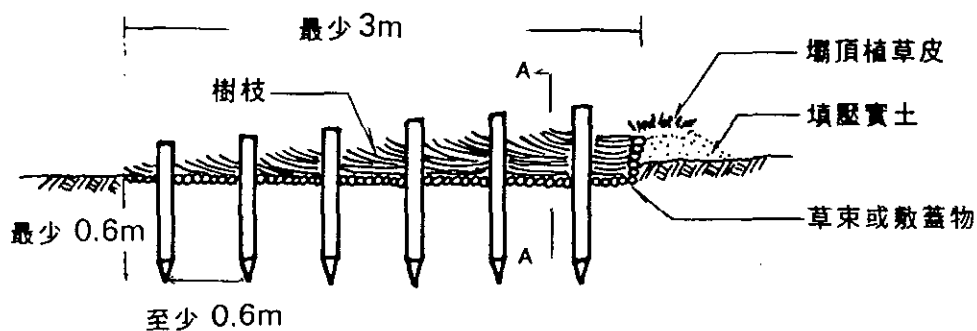


B 隔離型

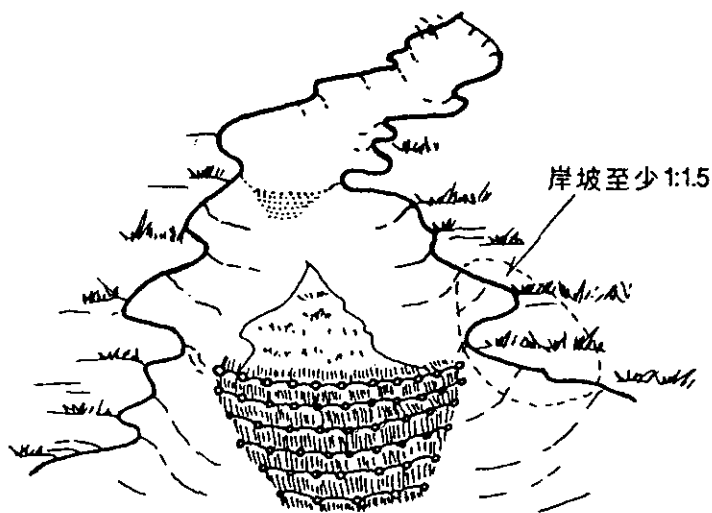
圖二十一 沉砂池



A-A 斷面



多樁縱排或樹枝壩示意圖



圖二十二 樹枝攔砂壩

## 第七章 結 論

墾丁國家公園南灣地區海域曾於1993年10月16日，因為凌晨之一場大雨(雨量約 50 mm)，而多處呈現黃色之混濁現象，推究其因乃係流向南灣海域之大小溪谷，如石牛溪以及橋號為410、414、415、417、418 等溪谷之集水區內土壤沖蝕嚴重，大量土沙隨匯集之地表逕流被帶至出海口所致，而造成該地土壤沖蝕嚴重之原因，除土質、氣象等因素外，經現場水土保持調查結果，得悉尚與該地土地利用狀態、植生覆蓋等密切有關，如區內牛、羊等之放牧蹄甲踐踏頻繁，表土密實，草類不易生長，裸露地表極易流失，又為牧草之更植大量鬆動表土。此外，私有地之興建觀光旅館，廢土棄置不當，甚或工程廢棄物之隨地傾倒等等均與海域之土沙污染有關。

就水土保持之對應措施而言，除野溪治理、坑溝控制、崩塌地處理及邊坡穩定等技術層面外，管理政策與宣導亦應加強，區內之建築申請案應具水土保持計畫書，審查合格方可取得建照。宣導區內居民保持國家公園內之自然生態與環境整潔。

而區內土地利用方式之調整，如牛、羊放牧地、或私有旱作地等利用方式之改變，以符合水土資源保育要求，則有待透過更高層之政策協商以為規劃。

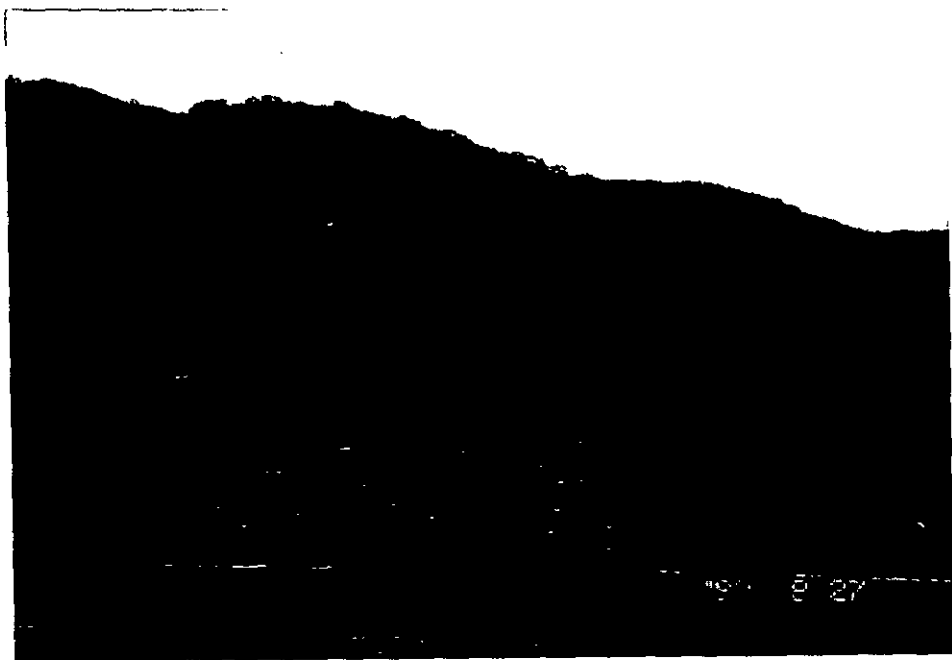
## 參考文獻

1. 水土保持技術標準編審委員會(1992)水土保持手冊。
2. 內政部營建署墾丁國家公園管理處，墾丁國家公園管理處81年年報，pp.30.
3. 內政部營建署墾丁國家公園管理處，墾丁國家公園解說教育程度之八 墾丁國家公園地形景觀簡介，pp.190.
4. 內政部營建署墾丁國家公園管理處，墾丁國家公園解說教育程度之九 墾丁國家公園淺水生態，pp.106.
5. 王如意、易任(1990)應用水文學(下冊)國立編譯館，pp.157-167.
6. 朱憲政、劉明哲(1983)降雨頻率之選擇與逕流量 下水道實務研討會論文集，23-34.
7. 李錦育(1990) 台北市集水區機率雨量分析之研究 中華林學季刊，23(3):27-38.
8. 李錦育(1992) 國立屏東技術學院院區降雨強度公式之推求與其逕流量之估算 中華水土保持學報，23(1):73-80.
9. 姜濟勝(1983) 雲林地區降雨強度公式之推求及研究 台灣水利，31(3):48-66.
10. 徐享崑(1984) 水庫集水區年入流量時間系列之研究 第二屆水利工程研討會論文集，365-385.

11. 徐森雄 (1973) 恆春之氣候分析, 屏東農專學報第14輯, 237-256.
12. 徐森雄、謝杉舟 (1993) 臺灣西南部地區氣溫與降雨量之網目氣候值, 中日農業氣象應用研討會論文集, 159-178.
13. 徐森雄 (1993) 恆春落山風之分佈特性調查, 國科會專題研究計畫成果報告, pp.28.
14. 徐森雄 (1993) 臺灣西南部地區農業氣候資源評估, 農委會補助計畫成果報告, pp.58.
15. 黃宏斌、許銘熙、游新福 (1991) 降雨-延時-頻率關係式推求之研究 流域暴雨逕流經理研討會論文集, 157-175.
16. 陳明杰、陳信雄 (1988) 台灣地區最大機率雨量分析之最適機率分佈研究 中華水土保持學報, 19(2):49-62.
17. 張玉田 (1976) 台灣各種機率降雨公式及其應用於流量推定之研究 土木水利, 3(1):1-22.
18. 鄔寶林、金紹興 (1991) 水文頻率分析機率分布之選擇 流域暴雨逕流經理研討會論文集, 139-155.
19. 虞國興 (1990) 台灣水文頻率分析之規範標準研究 : 年一日、二日及三日最大暴雨, 農工學報, 36(2):56-79.
20. 蕭錫清 (1975) 最小二乘法對水文統計之應用 工程, 48(6):121-130.
21. 田中隆文 (1990) 流域内各斜面の水文的特徴に關する研究 (I) ハイドログラフを用いた検討, 日林誌, 72(2):109-119.

22. 合田良實、小野澤昌己 (1990) 極値II型分布の特性と推定値の信頼區間  
土木學會論文集, 417/II-13:289-292.
23. 宇治橋康行、高瀬信忠、家門邦彦 (1990) パターン認識概念に基づく月降水量の解析シミュレーション 土木學會論文集, 417/II-13:43-52.
24. 福島 晟、田中禮次郎 (1989) 昭和63年7月豪雨時の降雨量に對する確率評價, 島根大農研報, 23:103-112.
25. 樫根 勇 (1981) 環境 - 水問題を考える (II) VI. 地表面付近の水循環  
學術月報, 34(8):562-567.
26. 樫根 勇 (1988) 自然界における水循環 オペレーションズ・リサーチ誌, 33:443-446.
27. Bertoni, J.C., Tucci, C.E. and Clarke, R.T. (1992) Rainfall-based real-time flood forecasting. J. Hydrol., 131:313-339.
28. Bobee, B., et al., (1993) Towards a systematic approach to comparing distributions used in flood frequency analysis. J. Hydrol., 142:121-136.
29. Beasley, D.B., L.F. Huggius, and E. J. Monke (1980) AWSWERS: A model for watershed planning, Transactions of the ASAE, 23(4):938-944.
30. George, R.J., and Conacher, A.J. (1993) Mechanisms responsible for streamflow generation on a small, salt-affected and deeply weathered hillslope. Earth Surface Processes and Landforms, 18:291-309.

31. Lu, L.H., and Stedinger, J.R. (1992) Variance of two- & three-parameter GEV/PWM quantile estimators: formulae, confidence intervals, & a comparison. J. Hydrol., 138:247-267.
32. Nash, J.E. and Amorocho, J. (1966) The accuracy of the prediction of floods of high return period. Water Res. Res., 2(2):191-198.
33. Simmers, I. (1984) A systematical problem- oriented approach to hydrological data regionalisation. J. Hydrol., 73:71-87.
34. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. (1978) Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook no. 537, USDA. Science and Education Administration, 58 pp.



相片29 大尖石山下，全面整地造成大量鬆動地表



相片30 大尖石山西側登山步道無適當養護，造成地表裸露



相片31 大圓山東北側放牧地之蝕溝



相片32 大圓山東北側放牧地之蝕溝



相片33 放牧地因踐踏土壤沖蝕加速而形成之蝕溝



相片34 大溪地牧場內地表土壤流失，泥岩（母岩）裸露情形



相片35 409號橋上游溪谷岸邊，不當整地造成  
之崩塌沖蝕



相片36 埔頂附近整地邊坡土壤露出情形



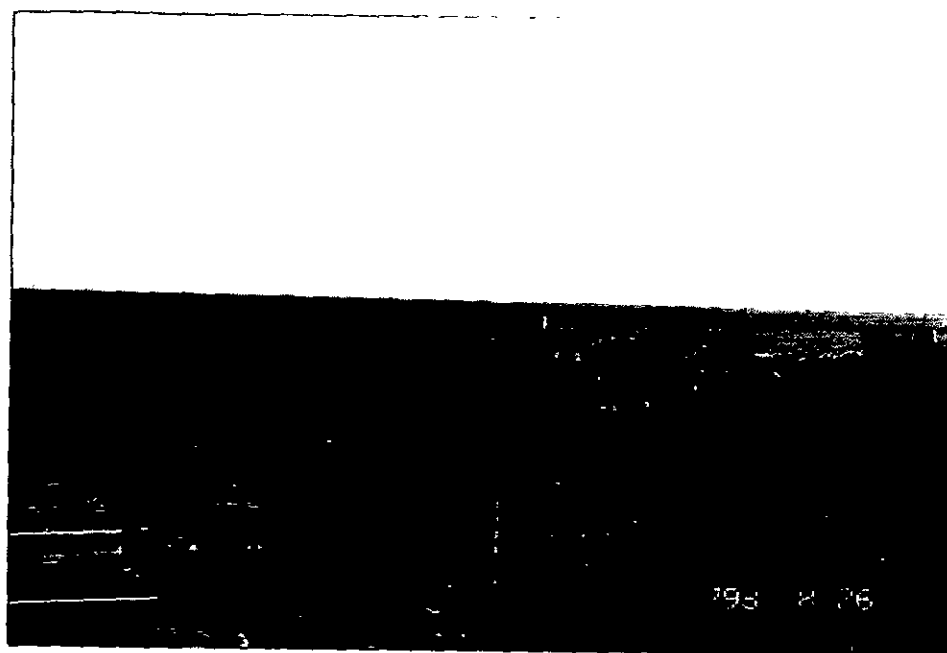
片37 417號橋上游土壤崩塌沖蝕情形



相片38 417號橋上游土壤崩塌沖蝕情形



相片39 興建旅館，大量棄土流入410號橋溪谷



相片40 於414號橋附近進行大規模整地，興建旅館



相片41 墾丁國家公園入口道路廢棄路段，遭受傾倒廢棄物



相片42 414號橋附近遭受傾倒大量工程廢棄物