

玉山國家公園金門峒斷崖 崩塌速率及演化趨勢之研究

A study of the headward erosion and
stream capture: an example from Chenyolan
river area, Yushan National Park, Taiwan.

陳隆陞

Lung-Sheng Chen

玉山國家公園管理處

摘 要

玉山國家公園內位於八通關地區之金門峒大斷崖是國內規模最大的崩場地之一，也是河川向源侵蝕及河川襲奪之典型範例，並為斷崖、斷層、崩場地、分水嶺等地質研究與解說之極佳地點。本研究即將金門峒斷崖按地層、岩性等崩塌特性之不同分為①C區廬山層板岩區②D區金門峒斷層破碎帶③E區佳陽層變質砂岩夾板岩區等三區，分別於崩崖冠部埋設木樁加以量測其向源侵蝕之速率，除定點定期野外量測與拍攝記錄外，亦針對特殊季節如颱風、豪雨、梅雨季進行不定期之觀測，並配合不連續面之調查分析，地理資訊系統之分析與航照判釋以探討其崩塌之發育機制，再配合前人於玉山地區之研究及文獻分析，進一步推測其未來的崩塌演化趨勢。

金門峒斷崖之崩塌機制主要是受到金門峒斷層主構造之影響，使得岩體破碎，特別是鞍部D區，另伴隨著斷層發育的高密度節理，及因解壓作用形成的張力裂縫，板岩的板劈理，均使金門峒斷崖的岩體特性，破碎的有如膠結疏鬆的礫岩一般，加上外在營力的作用，例如降雨沖蝕、豪雨、颱風、地震、重覆冷熱(乾濕)作用、與凍霜作用，使金門峒斷崖以5.75m/year~8.89m/year平均速率向南與西南急速的向源侵蝕，其崩塌面積更於59年內擴張達2.5倍，預計3~5年之時間，可達分水嶺開始進行河川襲奪之作用(陳有蘭溪襲奪荖濃溪)，再約15年之時間會影響到玉山至八通關之步道，其崩塌發育趨勢更有向北峰稜線迅速擴大崩塌之趨向，終致會影響到整個八通關地區甚至玉山山脈之地形與地貌；值得興奮的是它將是我等有生之年得見的河川襲奪地理景象。

ABSTRACT

The Chinmentong Cliff at Patungkuan in the Yushan National Park is one of the largest collapsed lands in Taiwan. It is also a classic example of headward river erosion as well as river capture. It is an excellent location for geologic research and exemplification of cliff, fault, watershed, and collapsed land. Chinmentong Cliff is divided into the following three areas, based on the characteristics of collapse, stratigraphy and the nature of the rock, (1)Area C Lushan formation (slate) area; (2)Area D Chinmentong fault rubble belt; (3)Area E Chiayang formation (metamorphic sandstone interspersed with slate.) Wooden posts were sunk in the ground at the crest of the collapsed cliff in order to measure the rate of headward erosion. Besides doing field research and photographic records at fixed intervals, measurements were made also at unspecified time during the typhoon, heavy rain, and spring rain seasons. These were accompanied by discontinuity survey research, geographic information systems analysis, as well as aerial photography analysis to explore the development mechanism of the cliff. Also, these were collated with previous studies and textual evidence about the Yushan area left by others. Finally, the study estimates the future evolution of the collapsed cliff.

The collapse mechanism of the Chinmentong Cliff is mainly affected by the main structure of Chinmentong fault, causing the rocks to be shattered, in particular, in saddle Area D, high joint density is accompanied with the development of the fault.

The tensile fractures caused by the action of releasing the pressure, and the cleavage of the slate, all make the rock composition of the Chinmentong cliff special. The pebbles are a conglomerate type like gum combed through the hair. With the help of the external effects, such as rain erosion, heavy rains, typhoons, earthquakes, repeated hot and cold (or dry and moist), and frost, the headward erosion at the Chinmentong Cliff is rapid with a rate of 5.75m/year to 8.89m/year in a southerly and southwesterly direction. The surface area of the collapse has expanded 2.5 times in 59 years. It is estimated that in 3-5 years, it could reach the watershed, and initiate the river capture (the Chenyulan River capturing the Laonong River). In about fifteen years will affect the Yushan to Patungkuan trail. the trend of its collapse is to move with increasing speed toward the north peak ridge line of Yushan. Ultimately this will affect the whole Patungkuan area and even the shape and appearance of the Yushan mountain range.

一、前言

玉山國家公園位居台灣心臟地帶，範圍遼闊，境內地形複雜，高山峻谷羅列，各種地形

、地質景觀豐富而且深具解說與研究之價值，其中金門峒大斷崖是國內規模最大的崩塌地之一，也是玉山國家公園內最主要登山步道—玉山主峰線之主要地形景觀，更是國內地質學上河川向源侵蝕之典型範例；並為斷崖、斷層、崩塌地、分水嶺、地層分界等地質研究與解說之最佳地點，以往有關此斷崖之研究多為描述性之定性調查，而欲對此斷崖之成因及其發育過程做進一步的了解實有進行崩塌速率之量測與探討其崩塌控制機制之必要，並據以提供玉山國家公園管理處該地區經營管理暨地質解說教育及保育研究之基礎資料。

針對金門峒斷崖崩塌地之觀測及探討，本研究將著重於下列三個課題：

(一)金門峒斷崖崩塌及向源侵蝕速率之監測

(二)金門峒斷崖崩塌發育機制之探討

(三)金門峒斷崖崩塌演化趨勢之推測

希望藉由本研究對金門峒斷崖崩塌地發育進行長期之監測，並調查各項地質與氣候因子之影響程度；探討其崩塌發育之機制；及根據量測調查資料與結果推測金門峒斷崖崩塌演化之趨勢，而達到以下之預期成果：

(一)建立金門峒斷崖之基本地質資料如：地層、岩性、地質構造、不連續面…等。

(二)探討與了解造成金門峒斷崖崩塌之原因，及其主要影響因子之影響程度。

(三)觀察與了解金門峒斷崖向源侵蝕之進行速率。

(四)推估金門峒斷崖坍塌擴大之可能範圍、方位、規模與速率。

二、調查地區與方法

研究地區

本研究調查之範圍乃以八通關附近地區暨金門峒崩崖為主，北至觀高南迄八通關南側荖濃溪谷，東抵八通關山，西達玉山北峰之區域(圖一)。至於本研究中金門峒崩塌地之向源侵蝕速率與分水嶺位速率及河川襲奪現象之監測；則係指八通關北側陳有蘭溪源頭之金門峒大崩崖之現有崩塌範圍及可能擴充與影響之地區，例如崩塌地接近玉山北峰之稜線與八通關南側荖濃溪谷崩塌地一帶。

金門峒大崩崖位於玉山國家公園之八通關處，是濁水溪上游陳有蘭溪的源頭區域。從南投縣東埔溫泉開始，八通關古道沿著陳有蘭溪的陡急坡谷穿行，兩岸的大山分別是郡大山與玉山北峰。陡急的陳有蘭溪河谷一直向上延伸，直到八通關的北側達到了盡頭。由於陳有蘭溪急速的向源侵蝕作用在源頭處造成激烈的山崩土瀉，形成「金門峒大崩崖」之景觀，自觀高附近遠眺，壯麗的崩塌景象，清晰可見。

研究方法

本計劃之調查項目包括金門峒斷崖崩塌地之現狀、崩塌型態與種類、崩塌之地質因素特別是不連續面之控制因素，崩塌地之發育控制、崩塌速率及可能的坍塌範圍。野外工作部份分為二大部份。

一、地質勘察部份：包括金門峒斷崖、崩塌地及附近地區之地層、岩性、地質構造、不連續面發育狀況…等。

二、崩塌地之監測：如基樁埋設與量測、定點定期拍照、岩石裂隙量測及特殊崩塌影響因子

之不定期觀測(如颱風、積雪、地震、豪雨等之影響程度)等。

室內工作部份則為從事各項文獻資料之收集、統計、分析與解釋,如:前人對研究地區之研究文獻、研究地區與鄰近地區氣候資料,與研究地區之有關地形圖、地質圖、航照圖等特別是航照的判釋與地理資訊系統(GIS)之分析,對於金門峒斷崖,因地形陡峻,交通及現地調查困難,更形重要。

一、監測系統規劃

大體而言一個完善的崩塌地監測系統,應包括下列各項內容:①擬定監測計劃及方式②決定監測的目的與內容③選擇適當的監測儀器④監測地點、範圍與深度之決定⑤依據監測目的訂立記錄方式。

為幫助規劃監測系統之週全,應配合有下列工作:①收集已有的文獻資料、圖表及研判②遙測資料或航照資料之判釋③現地踏勘與調查④安置監測儀器以進行監測。如此具有充分的地質資料,現地踏勘,地質調查研判,當地地形特形、崩塌特性及該區降雨、植生等記錄及監測儀器記錄等輔助資料,方可對於研究地區崩塌地之崩塌發育情形如崩塌速率與崩塌種類有所了解,及探討其崩塌機制,並對於未來的滑動趨向,滑動區域面積可能擴張範圍,加以合理之預測與推估。

金門峒斷崖因具備有地形險峻,交通不便,不易現地監測之特性,若能以航照定期監測實為最佳之方式,其次為收集不同年份之遙測資料、空照圖及地形圖(像片基本圖)加以比對研判。可惜航照成本太高且現有收集到的航照圖尚未足夠做為監測之分析,仍需輔以不同年份之各種地形圖、地質圖之分析,並輔於現地埋設基樁與量測;及選擇固定的觀測點,使用各型式鏡頭定期或不定期拍攝記錄,以了解金門峒斷崖崩塌情形及獲致各項崩塌值與資料。

為進一步探討金門峒斷崖崩塌原因與發育機制,有必要收集分析該地區有關之氣候、植生、地形、地質等資料,及進行野外地質調查特別是不連續面之調查,另外運用地理資訊系統(GIS)加以分析其坡度、坡向、坡降等地形特性以比較分析其與崩塌之關係;對於特殊影響崩塌地之因子如地震、颱風、豪雨、梅雨期等,亦分別於其發生前後,進行乙次野外觀測工作及記錄,以了解其對崩塌影響程度。而崩塌地之現地觀測工作主要係按地層、岩性與崩塌特性之差異分三區,沿其冠部崩崖面埋設木樁並使用各項儀器加之量測及記錄,以了解金門峒斷崖之崩塌速率及各區擴張情況。

最後為預測金門峒斷崖未來之崩塌演化趨向與推估河川襲奪時地,有必要建立該地區數值地形圖資料(DTM DATA),並參照附近地區之地質資料,特別是構造地質資料,再根據野外觀測基樁量測所得資料值與照片分析研判以預測及推估之。

二、基樁埋設與量測

本研究為了解金門峒斷崖向源侵蝕之速率及崩塌地發育情形,乃於民國76年11月10日時準備木樁八十支(A、B、C、D、E五號樁,每樁號各十六支)攜帶至八通關,並按金門峒斷崖地層,岩性與崩塌型態之差異,分為三區①C區八通關區(廬山層)包含A、B、C三樁號②D區金門峒斷層破碎帶(D號樁)③E區玉山區(佳陽層,E號樁),沿著金門峒斷崖之冠部週邊埋設,埋設情形如圖2。其中A、B二號樁主要為觀測金門峒斷崖東側及東南側崩崖之崩塌速率;C號樁主要觀測2940高地附近崩崖面向2940高地崩移之崩塌速率;D號樁主要為觀測金

門峒斷崖鞍部處向南往分水嶺之崩移速率,此處據筆者野外之觀測將是陳有蘭溪與荖濃溪進行河川襲奪之起始處,並據以推算河川襲奪開始進行之時間,及影響玉山至八通關步道之最近時間;E號樁主要為觀測金門峒斷崖另一主要向源侵蝕作用,往西南側沿3443高地,3660高地向玉山北峰稜線侵蝕之速率。

有關本研究基樁埋設之材料、方式、及量測等資料分述如下:

(一)木樁:本研究所用基樁為長寬各5公分,高80公分之木樁,頂部15公分處四面漆白色油漆後寫上樁號,以英文字母為頭字代表樁位,後加二位數阿拉伯數字代表每樁位之木樁號數,如圖二。例如:

A號樁 A00…… A15

B號樁 B00…… B15

C號樁 C00…… C15

D號樁 D00…… D15

E號樁 E00…… E15

(二)打樁方法:採與地面垂直及坡向垂直夾角之中間,以鐵鎚強力打入,下端深入約30公分,上端突出約50公分。

(三)樁位:①A、B二號樁沿金門峒斷崖東南側主崩崖冠部,每間隔30m設置乙樁位,A樁距崩崖面1m,B樁距崩崖面2m。

②C號樁設於八通關之2940高地處主崩崖之冠部,自崩崖面往2940高地起,每隔1m埋設乙樁,C00樁距崩崖1m。

③D號樁設於金門峒斷層位置所在之鞍部崩崖處,順南向往分水嶺,每間隔1m埋設乙樁,自D00~D15共16支,D00樁距崩崖1m。

④E號樁設於金門峒斷崖西南側主要向源侵蝕之主崩崖冠部處,順陳有蘭溪向源侵蝕方向往後每間隔1m埋設乙木樁,自E00~E15共16支,E00樁距崩崖1m。

四樁距:76年之木樁埋設各樁位各樁距為直線距離1m,最前樁距崩崖面1m,惟E號樁因崩坍速率太大,自78年補樁起每樁樁距擴大為5m。

(五)打樁日期與數量:

NO	打樁日期	打樁性質	樁位分佈	打樁數量	打樁人員
1	76.11.10/13	主基樁埋設	崩崖冠部全區	80	陳隆陞暨巡山員等10人
2	78.6.26/29	增補木樁	E樁位點	15	陳隆陞暨巡山員等4人
3	78.7.19/22	增補木樁	E樁位點	2	陳隆陞暨巡山員2人
4	80.7.11/3	增補木樁	E樁位點	2	陳隆陞林淵源2人

(六)野外木樁量測:自76年11月10日設立基樁以觀測金門峒斷崖向源侵蝕速率後,前後觀測及記錄樁位變化情形計15次如附錄一。野外量測樁位變化為使用測距儀或捲尺量測。並記錄距崩崖最新木樁之樁號與距離。(木樁量測距離係採直線距離,若所量非直線距離,乃以傾斜儀量度傾角以換算之)。

三、定期定點觀測與攝影

本研究除埋設基樁針對金門峒斷崖(崩塌)向源侵蝕速率加以觀測外,對金門峒斷崖塌之進行及崩塌地形之變化除以航照圖及不同年份地形圖,像片基本圖觀測外及判釋,同時亦進行定期定點之野外觀測工作,例如:以55mm(微鏡頭)35~105mm,28.24mm(廣角鏡頭)200mm(長鏡頭)等鏡頭加以拍攝幻燈片及具60%重疊之相片,以長期觀測金門峒崩塌地之現況變化情形。另外為日後解說之用野外工作期間亦使用V8攝影機拍攝錄影。

四、特殊崩塌影響因子之不定期觀測

特殊崩塌影響因子之不定期觀測,指豪雨、颱風、地震、梅雨季節及雪期冰蝕作用等影響因子,對金門峒斷崖塌地發育之影響程度加以觀測分析。

當梅雨季節及雪期來臨前先進行一次野外觀測工作,記錄基樁號,再於梅雨季節或雪期結束時,再進行一次野外觀測工作及量測基樁之變化,並與其他季節相比較即可了解梅雨及雪季對於金門峒斷崖之影響程度。

又每遇豪雨及颱風過後,立即進行野外之觀測及基樁量測工作,以了解短期樁位之變化情形,再比較一般時期之樁位變化情形,即可了解豪雨、颱風對於金門峒斷崖崩塌所造成的短暫急促的崩塌程度。

五、地理資訊系統之應用分析

台灣山高、雨水充沛、山崩危害甚巨,本研究遂運用地理資訊系統來分析以金門峒斷崖崩塌實例的推演,其所用之素材為地形圖(1/25000與1/10000比例尺),地質圖,等建立數值地形圖,再依野外調查資料,如衛星定位資料(GPS Data),立體地形圖(MPS-2)及航照判釋資料加以分析,以監測及分析金門峒斷崖崩塌之各項資料,有助於金門峒斷崖崩塌擴大趨勢之預測。

再藉由ARCInfor與Genamap軟體的分析以分析其坡度、坡向等分佈圖,有助於其大區域性潛在山崩的預測,若加上研究期間所觀測資料配合分析,將可對金門峒斷崖之崩塌地之地形及崩塌形態全盤掌握

三、結果與討論

金門峒斷崖崩塌及向源侵蝕之速率

一、金門峒斷崖崩塌地發育之監測值

根據表1測樁量測情形(Data)繪圖如圖三,分析如下:

(1)金門峒斷崖八通關區即廬山層板岩區包含A、B、C樁位,屬於崩塌穩定區域,每年之崩塌崩坍後退速率僅為0.044~0.26m/year。

(2)金門峒斷崖破碎帶,即金門峒斷崖之鞍部地區(D號樁位)則每年平均約以5.75m/year之速率向源侵蝕,換句話說,即自76年底以後金門峒斷崖D區崩崖面以5.75m/year之速率向南逐漸移近分水嶺。

而本研究因欲推測陳有蘭溪長期向源侵蝕金門峒斷崖終至開始襲奪荖濃溪上游之時間,有必要對金門峒斷崖D區鞍部地區之崩塌情形做較長期之觀測與分析,為此筆者收集參考76年本研究埋設基樁觀測以前之地形圖與航照圖等資料,例如

①昭和八年(民國22年)出版之新高登山地圖。(比例尺1/50000)。

②74年八通關地區之航照圖(比例尺1/20000)及1/25000比例尺之地形圖。

以配合76年起D區之基樁量測資料分析D區主崩崖面向分水嶺南移之速率如下:

自昭和八年(民國22年)D區崩崖面距分水嶺的250m距離,歷經59年的向源侵蝕作用,目前僅距分水嶺19.90m,(其中有約10m雖已下陷但未崩落),向分水嶺南移速率為3.90m/year,若以本研究調查量測資料分析則自76年11月設基樁觀測起至81年5月最後一次觀測止,其約以每年5.75m之速度接近分水嶺,不久即將進行河川襲奪之作用。

(3)金門峒斷崖之E崩塌區(玉山區佳陽層)於76年測樁埋設初,至80年梅雨季節前之崩塌速率尚屬相對小值,唯自80年5月梅雨季節起,即呈現大規模之崩塌,並成為金門峒斷崖向源侵蝕最主要之崩塌趨勢,據筆者每次在現場調查及觀測時,經常可見到E區岩塊或岩屑順著河溝崩落情景,並聽到轟隆轟隆的岩屑(塊)崩落聲不絕於耳,其向後崩塌速率約為8.89m/year。

(註:以上所述速率之數值均指年平均崩塌後退速率)

二、河川襲奪進行時間之預測

從金門峒斷崖的野外觀測結果顯示D區鞍部處將為金門峒斷崖受到陳有蘭溪向源侵蝕超越分水嶺,終而襲奪南側荖濃溪上游水源之最可能也是時間最快之區域,因為金門峒斷崖C區屬崩塌速率最慢之區域,而E區之平均向源侵蝕速率(8.89m/year)雖大於D區(5.75m/year)但由於E區的向源侵蝕方向係朝向西南發育,不若D區之直接逼近分水嶺,且D區之地勢亦為最低,其南側之荖濃溪谷地之上邊坡並已發育逐漸擴大之崩塌地,亦有助於河川襲奪作用之進行(參照圖九,金門峒斷崖與南側之較小崩塌地),因此依據野外觀測所得之金門峒斷崖崩塌發育之監測值(表一)及金門峒斷崖(D區)至分水嶺之距離變化表(表二)所示,預測陳有蘭溪向南側荖濃溪進行河川襲奪之時間為3~5年,分析如下:

(一)以本研究調查期間自76年11月佈樁量測至81年5月止之D區崩移速率推算:

金門峒斷崖於本研究監測期間內以每年平均約5.75m的速率向分水嶺接近及向源侵蝕,目前D區崩崖面至分水嶺僅19.9m,按此向源侵蝕之速率,預估D區侵蝕至分水嶺時間為:

$$19.9\text{m} \div 5.75\text{m/year} = 3.46(\text{年})$$

(二)以昭和八年至本研究81年5月止之D區崩移速率推算:

金門峒斷崖若考慮較長時間之崩塌速率則自民國22年(昭和八年)至81年期間,以每年平均約3.90m的速率向分水嶺接近及向源侵蝕,目前崖面至分水嶺19.9m,按此向源侵蝕之速率,預估D區侵蝕至分水嶺時間為:

$$19.9\text{m} \div 3.90\text{m/year} = 5.10(\text{年})$$

綜而言之,快則3.5年,慢則5年,待D區向源侵蝕至分水嶺後,即是陳有蘭溪開始向荖濃溪進行河川襲奪作用的開始。

三、金門峒斷崖侵蝕玉山~八通關步道的時間預測,(D區嶺線至步道直線距為58m)

金門峒斷崖崩塌至影響玉山到八通關步道的時間預測,同上河川襲奪進行時間之預測以59年來及研究期間之D區二種向源侵蝕速率,推算如下:

$$(1)(58\text{m} + 19.9\text{m}) \div 3.90\text{m/year} = 19.97(\text{年})$$

$$(2)(58\text{m}+19.9\text{m})\div 5.75/\text{year}=13.54(\text{年})$$

即在各項控制因素不變的情形下為13.5年~20年，然而當D區崖面侵蝕面超過嶺線以後，因坡度因素反而減緩緣故，將使侵蝕速率稍為降低。

因此採用較長期間可能性較高。(即比較接近20年之時間)

四、金門峒斷崖崩塌面積擴張速率

金門峒斷崖崩塌地面積在民國22年(昭和八年)時，依據比例尺五萬分之一之新高登山地圖使用求積儀(DIGITAL PLANIMETER)，求出約為0.35km²(86.48 Acre)，民國74年時，依據比例尺二萬五千分之一地形圖及二萬分之一之航照圖使用求積儀，求得之崩塌地面積已擴大至0.462km²~0.556km²，(114.10~137.33 Acre)，崩塌面積自22年至74年間每年平均擴大速率約為2153.84m²。

至民國79年時，依據五萬分之一比例尺之地形圖以求積儀求出崩塌地面積約為0.55km²(135.85 Acre)，較之74年最低面積比較，5年期間，每年崩塌面積平均擴大速率約為17600m²。

至81年研究結束時，以實際觀測值暨金門峒斷崖之數值地形資料(DTM DaTa)金門峒斷崖附近像片基本圖參考點DTM之2D坐標(參照附錄二)換算之。金門峒崩塌地面積約達0.886km²(218.84 Acre)約為民國22年時之2.53倍，如表三。

79年至81年短短二年期間，金門峒斷崖之崩塌面積之所以擴張甚大原因，除了該期間有數次颱風侵玉山地區，造成嚴重災情外(例如79年楊希颱風與80年艾美颱風)，金門峒斷崖亦於該期間內與其西北側之舊有崩場地連接，而使其主崩塌面之規模迅速擴張，乃為主要之緣故。

金門峒斷崖崩塌控制機制之探討

一、氣候與植生因子之影響

(一)氣候因子之影響

降雨可說是造成金門峒斷崖崩塌最主要的外營力作用，一般而言降雨會直接沖蝕崩塌地，增加崩崖岩層荷重，減低岩層強度例如孔隙水壓的增加，使磨擦強度縮減，因而降低岩層之抗剪強度，而使岩層更易滑動，如破壞力學中庫倫(Coulomb)定律描述岩層抗剪強度如下公式： $S=C+\delta\tan\gamma$

而土壤顆粒間的孔隙空間，或是岩石裂縫中的水份，對其四週物質會使出壓力。因此： $S=C+(\delta-\mu)\tan\phi$

式中， μ 為孔隙水壓(pore water pressure)。如此由於孔隙水壓而導致在較低的坡角時，便有可能發生滑動使作用於滑動面上之正應力降低，因而減少了產生滑動所需之剪應力。

野外調查基樁之觀測值結果顯示及印證降雨，特別是豪雨期、梅雨季節時之金門峒斷崖崩塌量均特別大。

(二)植生

植生系統對於控制山坡上水侵蝕的重要性已超出地面水流與地下水流間的簡單比例以外，例如草木茂盛的山坡地面水流由於草木層的摩擦，減緩了流速，其侵蝕量也就降低，同時一層緊密草皮會有效的阻止水流與土壤礦物質間的接觸，如此，不但使草木茂盛的山坡地面

流水較少，同時流給流水的侵蝕能力亦同樣降低，同理草木可阻止雨點對地面發揮其全部衝擊作用。

根據台大森林系陳信雄教授研究一般森林地涵養的水量每公頃為六百噸左右，草地及裸露地涵養水量則更低。

金門峒斷崖之植生情形，大體而言，為以草生為主，主要是玉山箭竹及高山芒，並零星點綴著醉木、二葉松及玉山杜鵑，如表四。植生的存在減低了降雨直接對金門峒斷崖岩層的沖蝕作用，雖然金門峒斷崖因地形陡峭，陳有蘭溪激烈的向源侵蝕作用，與斷層、節理、板劈理、張力裂縫等發達不連續的作用影響之下，並無法停止崩塌的持續擴張，甚至有愈崩愈烈的情勢，但從野外的觀察結果，仍可清楚的了解植生對於金門峒斷崖的邊坡穩定作用上，仍然發揮了相當的作用，因為植生茂密的地方及灌木生長較好的地區，乃為崩場地較不易崩塌之處。

二、地形因子之影響

就金門峒斷崖而言，坡長(L)變化量甚小，對崩場地發育之影響不大，相對的在各個地形因子中，坡度對其發育的影響最為顯著。

坡度

金門峒斷崖之坡度分析，係運用地理資訊系統(GIS)方法對其附近2km²之範圍，以20×20 picso，共10000個picso，以每10°C為一級共分九級各以不同顏色表示。

很明顯的金門峒斷崖的主要崩塌方向均為沿著坡度最陡處發育50°C~70°C(圖4—15深藍色及粉紅色部份)，週圍崩塌量較低處大都屬坡度較緩者。甚至金門峒右側及右上側之坡度較陡處也逐漸發育形成崩塌。另陳有蘭溪的源頭落差達600m，而南側荖濃溪谷則為180m，亦是造成陳有蘭溪之向源侵蝕作用大於荖濃溪及分水嶺逐漸南移之原因之一。

(三)坡向

金門峒斷崖之坡向分析亦同上坡度之分析運用地理資訊系統(GIS)予以分析，以正北為0°，順時針旋轉每30°之坡向為乙級，共分十二級。

金門峒斷崖E區，D區之主要崩塌地區之坡向為第一級白色及第二級紅色(0°~30°及30°~60°部份)即朝東北向崩塌，此與該二區之不連續面傾角方向大致相同，因此而形成較激烈之向源侵蝕作用。而C區部份之坡向為第十一級中灰色即300°~330°，此因與該區之不連續面之傾角大致相反，故形成崩塌較穩定之現象。

三、組成物質

(1)土壤與基岩

金門峒斷崖依山坡地貌學的理論歸納應屬風化限制型(Weathering Limited)。亦即侵蝕潛能大於風化速率；在風化岩石形成土壤以前即被移走，山坡發展受到風化限制，風化限制山坡最明顯的例子是垂直峭壁，其風化物受到重力影響即被移走。

因此金門峒斷崖亦屬基岩型之崩塌地形態，僅有在八通關區(廬山層板岩)A.B號樁位一帶，因係穩定坡，方屬運搬限制(Transport Limited)山坡，即風化速率大於搬運沖蝕之速率，土壤覆蓋隨時間而加厚，植生(草生)均較斷層區及玉山區(佳陽層)緻密，且邊坡亦穩定。

(2)黏土礦物

因此由於土壤含水量改變而發生膨脹或收縮的作用過程，也是一個使物質發生下坡移動的重大影響力。但在金門峒斷崖崩場地之研究中因屬基岩型及侵蝕遠大於風化速率之。風化限制型(we athering limited)有關黏土礦物之作用本研究忽略而不加以探討。

(3)岩性

金門峒斷崖附近之岩性如同椿位觀測分區，可分為三區

D區為金門峒斷層帶之破碎帶，E區為支第三紀始新世佳陽層之變質砂岩及板岩，C區為新第三紀中新世廬山層之板岩。

由於受到金門峒斷層主構造之作用，伴隨而成幾組節理，其中佳陽層即E區因岩性含砂質較高，節理之密度較高，廬山層即C區則因板岩含泥質較高，節理之密度較低，然而板劈理(Slatycleavege)卻甚為發達，因此金門峒斷崖之崩塌發育機制中岩性之影響，如抗剪強度或抗張強度，在斷層，節理暨板劈理特別發達及岩層極為破碎情形下，本研究巨觀上將之視為主要不連續面上之岩層，如同礫岩之崩塌特性，而非完整岩磐之型態，因而岩性之控制因子就金門峒斷崖之崩塌而言，僅為間接及次要之控制因素，其重要性遠低於不連續面及降雨等控制因素。

四、不連續面及地質構造之影響

(一)金門峒斷層

金門峒斷層對於金門峒斷崖崩場地發育之直接作用，無疑的是最重大的地質構造作用，除了促使D區之岩體破碎以外，也是造成研究地區一系列不連續面發育的主要因素，前人的研究與文獻資料均顯示金門峒斷層通過金門峒斷崖的位置大多一致，如圖五之斜線所示。

二、節理

金門峒斷崖附近之節理(Joint)因受到附近主斷層及金門峒斷層之直接作用非常發達，且從D區斷層破碎帶節理密度逐漸向兩旁有漸小之趨勢，換句話說，愈靠近斷層帶(D區)的節理數密度愈高幾達40~50組數/5m之高，而兩旁之密度僅有20~30組數/5m之數，更遠者，僅及1~20組數/5m之數。

本文為探討不連續直接對金門峒斷崖之影響與關係，特將節理調查資料分二部份(E區及C區)作史密特等面積投影圖分析(因為D區與E區之崩塌速率均遠大於C區，且D區之節理調查資料不多緣故，合併於E區作Schmidt Net茲分析如下：

(一)E區(含D區)之節理調查值Schmidt Net分析如表五，主要密度較高之節理組依序為

- 1、N3W 65E
- 2、N32E 30NE
- 3、N58W 87SW

其中N3W 65E及N32E 30NE之二組主要節理組之傾角方向(dip direction)均朝向東北及東方，此約與金門峒斷崖之主崩塌方向(N20°~40°E)一致及E區、D區之主崩崖面坡向一致，(參照圖4-16金門峒斷崖坡向GIS分析圖)。乃為促使該二區之向源侵蝕速率激烈之重要因素。

又第三組節理組屬高角度之節理組，此節理組同金門峒斷崖D區及E區所發育的張力裂

縫更是造成金門峒斷崖D區、E區產生傾覆式崩塌(Topping)的快速崩塌的主要原因。

(二)C區之野外節理調查資料之Schmidt Net分析如表五。

其主要之節理組依序為：

- 1、N 75W 48SW
- 2、WE 82S
- 3、N70E 83SE
- 4、N46W 50S

由上可得知C區主要節理組之傾角方向，大致為向西南或南方傾斜，是與金門峒斷崖之主崩塌面坡向(N30°~40°E)及C區之主崩崖面之坡向(約N30°W)不一致，使得該不連續面組未對崩塌構成直接的促動影響，或可解釋為C區目前較為穩定崩塌輕微的原因。

三、板劈理

金門峒斷崖附近不論C區廬山層或E區佳陽層之板岩均發育著非常發達的板劈理，有關之調查資料及wulff net分析如表六。其中經wulff net(N=41)分析出二個主要板劈理之層態：

- 1、E區之N2W 62E
- 2、C區之NS 50W

同前小節之節理分析一樣，E區板劈理之傾角方向(dip direction)62°E與金門峒斷崖之主崩塌面及該地區之坡向同向，對金門峒E區之崩塌有顯著之促動作用；而C區之板劈理之傾角50W與金門峒斷崖之主崩塌方向相反，亦有助於該地區之穩定作用。

四、張力裂縫

金門峒斷崖張力裂縫的發育對金門峒斷崖的崩塌速率及崩塌型態甚至未來的發育趨勢均造成重大之影響。

(一)C區之張力裂縫不發達，僅發現乙組，而C區之崩塌也最穩定。

(二)D區及E區均發現多組平行崩崖面發育的裂縫，其方向(N20°E~N 40°E)約與金門峒斷崖之主崩塌方向一致，為D區及E區激裂崩塌之主要促動機制之一。

(三)D區，E區張力裂縫開口約從數十公分至3m，並逐日擴張，其配合著該地區之高角度之節理組，乃造成板狀傾覆崩塌型態之主要因素。

(四)E區後方沿著北峰稜線順3443高地及3630高地目前均已發育大小不同等的張力裂縫，張裂方向大致與金門峒斷崖主崩塌方向相同，經研究期間之野外觀測均顯示其迅速擴張，並有與金門峒斷崖相接之趨勢。

五、地震、積雪等其他特殊因子之影響

(一)地震作用

地震是一種天然的災害，非人力所能克服，地震所產生的加速率與振動，由於各不同頻率的振盪所引起的暫時性應力變化，亦能影響邊坡的平衡，也會促使崩場地的岩層更為破碎及崩落，惟玉山地區僅屬輕度地震區域，如台灣震度區分圖(圖4-26)雖然微震頻繁，但研究期間之最高震度僅達芮氏3~4級，因此本研究之特殊影響因子之觀測，雖曾考慮地震因子之影響觀測但因尚未有規模5~6級以上之地震出現，故而仍未有相關之監測值。

(二) 凍霜作用及冰雪溶蝕作用

金門峒斷崖崩場地發育機制中有一非常特殊的影響因子，是其他地區之崩場地所不具有的即為冬季及寒流來襲時之冰雪覆蓋所產生的凍霜作用與冰蝕作用，均對金門峒斷崖之崩塌造成當大的作用，尤其75年、80年冬季的大雪覆蓋即深且廣，亦及八通關地區，整個金門峒斷崖均為大雪積蓋，為期亦較長，而其他季節之積雪情形較不嚴重，僅陸續而短暫的薄雪覆蓋而已，(參照第二章之氣候資料)。

(三) 颱風之崩塌影響

颱風的發生不但帶來了強風，有時也帶來了豪雨，對崩地之崩塌亦直接造成短期激烈的促動作用。研究期間77年~80年之侵台颱風如表4-14。颱風期間之激烈崩塌速率與其他季節之對照如圖4。

四、結語與建議

(一) 金門峒斷崖向源侵蝕之速率：D區鞍崩崖面向分水嶺後退南移速率為5.75m/year，E區向西南崩移速率為8.89m/year，C區則屬較穩定之邊坡，崩塌量微小。

(二) 陳有蘭溪與南側荖濃溪進行河川襲奪之時間預測為3~5年後開始進行，即快約3年，慢則5年期間，金門峒斷崖鞍部(D區)受到陳有蘭溪激烈向源侵蝕的結果，崩崖面將超越目前山嶺線，其後之向源侵蝕率將因坡度降緩而稍減緩，推計15~20年時間，影響到目前玉山~八通關之步道。

(三) 金門峒斷崖之崩塌機制為受到金門峒斷層主構造之影響，使得岩體破碎，特別是鞍部D區，另伴隨著斷層發育的幾組節理，及因解壓作用形成的張力裂縫，板岩的板劈理，均使金門峒斷崖的岩體特性，破碎的有如膠結疏鬆的礫岩一般，加上外在營力作用，例如降雨沖蝕、豪雨、颱風、地震、重覆冷熱(乾濕)作用、與凍霜作用，使金門峒斷崖以5.75m/year~8.89m/year速率急速的向源侵蝕，其崩坍面積更於59年內擴張達2.5倍，預計3~5年之時間，可達分水嶺開始進行河川襲奪之作用(陳有蘭溪襲奪荖濃溪)，再約15年之時間會影響到玉山至八通關之步道，其崩塌發育趨勢更有向北峰稜線迅速擴大崩塌之趨向，終致會影響到整個玉山山脈之地形與地貌。

(四) 金門峒斷崖崩塌形態依組成物質，不連續面、與外營力作用程度之不同影響，分三區如下：

(1) C區廬山層之板岩，落石或岩屑(豪雨期)

(2) D區金門峒斷層之破碎帶板岩夾變質砂岩，板狀傾覆或岩塊崩落。

(3) E區佳陽層之變質砂岩與板岩，板狀傾覆或岩塊崩落。

(五) 金門峒斷層在金門峒斷崖D區鞍部沿北北西方向順陳有蘭溪北流沿伸，使始新世佳陽層地層逆衝於中新世廬山層之上，而造成D區寬約50~100m之破碎帶，前人的文獻中金門峒斷層為高角度向東傾斜之逆衝斷層，但本研究在D區所觀測拖曳褶皺(drag fold)二處之軸面資料對比，又似乎應為向西傾斜，因此仍有待進一步之求證。

(六) 金門峒斷崖因其坡高較其南側之荖濃溪邊坡為陡及其主崩塌方向約與該地區主要不連續面如節理、板劈理之傾斜方向大致一致，且北側之陳有蘭溪河谷坡降亦較南側荖濃溪為大之緣故，使得其向源侵蝕之速率遠大於南側邊坡，而導致分水嶺南移趨向，終至造成河川襲

奪作用。

(七) 金門峒斷崖之崩塌發育趨勢，未來將朝三個主要崩塌趨向發育：

(1) 向南之向源侵蝕，於D區處每年約以平均5.75m速率向分水嶺南移，侵蝕超越分水嶺後因坡度減緩而促使向源侵蝕作用稍減緩，終至陳有蘭溪襲奪荖濃溪之玉山東峰至八通關之上游河流。

(2) 向西北之向源侵蝕，沿金門峒斷層帶(zone)發育，連接其右側舊有崩場地並逐漸擴張。

(3) 向西(西)南之向源侵蝕，沿北峰稜線順3443及3630高地迅速激烈向源侵蝕，並與目前既有裂縫逐漸擴大之崩場地迅速連接，促使金門峒斷崖之崩場地規模大幅擴張，假以時日，其向源侵蝕作用或將直抵玉山主峰及北峰之東側邊坡，使得玉山~八通關地區之地形、地貌大幅改觀。

(八) 後續研究：本研究除上述金門峒斷層之位態及八通關地區極為複雜的構造尚待進一步求證外，仍待後續研究之工作項目簡述如下：

(1) 繼續收集研究地區之遙測資料，以進行後續之監測工作。

(2) 藉由裂縫變位觀測儀所記錄收集資料，以分析金門峒斷崖之裂縫發育情形。

(3) 對南側之荖濃溪邊坡上既有崩場地進行監測，進一步求證河川襲奪作用之速率。

(4) 對玉山~八通關間之地質構造加以詳細調查，俾更精確監測及推估金門峒斷崖之長期發育趨勢。

(九) 經營管理建議事項：

(1) 金門峒斷崖之崩塌地形與劇烈向源侵蝕之進行，為國內地質學上河川向源侵蝕之典範，應在觀高坪、八通關等處設置地質解說牌，以向遊客解說金門峒大斷崖崩塌速率及演化趨勢、以及向源侵蝕、河川襲奪等地質作用。

(2) 八通關地區原為經常性及週期性之火燒跡地，加上金門峒斷崖之劇烈向源侵蝕，為玉山國家公園內最佳永久研究樣區之一；然而目前已成為一聞名全國之登山旅遊據點，以其地質條件而言，實不宜引進太多的遊憩活動與遊憩設施，特別是公路的開發。

(3) 八十二年二月二十五日八通關地區發生一場森林大火(72年時亦曾發生一場大火)，三月二日熄滅，延燒面積約八十公頃，金門峒斷崖附近之植被如台灣二葉松、華山松、高山箭竹、芒草等均付之一炬，對於金門峒斷崖處之水土流失有甚大加速作用，可以預見的將對其崩塌速率造成相當程度的加劇之影響。

(4) 八通關地區為玉山國家公園內許多主要登山路線之交會口，其地形因受到金門峒斷崖之持續崩塌所造成之巨幅變化，將對玉山地區登山活動及生態環境造成巨大的影響，因此在本研究告一段落之後，仍需進行後續的監測與研究工作，尤其是監測木樁的長期持續觀測與遙測影像之長期收集分析。

(5) 有關金門峒大斷崖劇烈崩塌之人為整治措施，誠屬不易而且成本極高，因為其崩塌主要緣由自身岩體的通體破碎加上外在氣候力等自然營力之影響，欲經由人為整治工程改善實為艱難，最佳之道乃積極以生態保育方式維護其各項自然資源，即減少與避免人為之環境破壞如開路及過度遊憩活動、防止森林火災使其上植被能迅速自然演替生長等等。

五、參考文獻

- 王 鑫、林耀源(1982)玉山國家公園地質景觀資源調查。
- 王 鑫(1988)地形學 大學科學叢書,聯經出版事業公司。
- 王文能、陳清義,(1978)東埔南玉山間之沿線地質概述。礦業技術,第16卷,第7期。第382~386頁。
- 丹桂之助(1944)鳥來統の諸層特に四稜砂岩層、白冷層、新高層の同時性に就いて。臺灣博物學會會報,第34卷,第248~250頁。
- 何春葆(1986)臺灣地質概論:臺灣地質圖說明書,經濟部中央地質調查所。
- 李春生(1979a.)臺灣中部南投縣水里鄉——玉山地區之古第三紀地層。礦業技術,第17卷,第7~12期,第217~248頁。
- 李德和(1983)邊坡破壞時間之預測,地工技術雜誌 第七期。第07~12頁。
- 周瑞燦(1990)臺灣中央山脈及雪山山脈之古第三紀地層,經濟部中央地質調查所特刊第四號,第193~200頁。
- 林晉祥(1984)坍塌相關之現場計測,山坡地建築開發工程—施工與管理;台灣營建中心。
- 徐鐵良(1984)地質與工程 中國工程師學會。
- 陳肇夏、朱傲祖、莊德永(1983)臺灣中央山脈的一些構造問題。經濟部中央地質調查所彙刊,NO. 2. pp1~16。
- 程延年、葉貴玉、劉進金、盧佳遇(1988)玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告。
- 張石角(1971)曾文溪上游崩塌地之地質學研究,礦業技術第九卷第三期(上),第四期(下)。
- 張石角、蔡金郎(1980)曾文溪上游十號崩塌地之研究;中華水土保持學會學報Vol. 4, NO. 2. pp1~15。
- 張郁生(1984)臺灣嘉義——玉山——水里公路沿線之地質。經濟部中央地質調查所特刊,第三號,第75~89頁。
- 張寶堂(1984)南投縣東埔溫泉區地質,經濟部中央地質調查所特刊,第三號,第91~102頁。
- 梁 昇(1986)臺灣全省沖蝕率數量化的籌議 礦業技術等24卷第3期第172~181頁。
- 郭城孟(1990)八通關草原生態之研究。
- 劉進金、彭森祥(1991)澎湖地區資源與環境資料庫整合建立之研究,工研院能資所。
- 劉進金(1984)航照在工程地質上之應用—崩塌調查之實例,遙感探測第四期。PP97~123。
- 劉進金 譯(1984)斜坡穩定分析之地質資料圖解法,礦業技術等22卷第1期。
- 劉進金、莊明男(1984)利用不連續面估測岩坡崩塌型態與最大安定角之電腦分析法 中國礦冶工程學會會刊第28卷第2期。PP106~122頁。
- 劉進金(1986)地理資訊系統及其在區域邊坡穩定之應用實例,中國礦冶工程學會會刊第30卷第2期PP128~141頁。
- 楊應塘、王文能(1976)新中部橫貫公路(水里—鳳林)踏勘報告。礦業技術。
- 顏清波、吳景祥、莊德永(1984)臺灣新中部橫貫公路(玉山線)沿線之地質。中國地質學會專刊: NO. 9, PP.1~27。
- 羅 偉(1990)廬山階與廬山層,經濟部中央地質調查所特刊第四號,第193~200頁。
- 羅正彥、陳宏宇(1991)新店礦窟地區崩積層崩塌機制與敏感度之研究,台大地質所碩士論文。
- Carson, M. A. and M. J. Kirkby, (1972)Hillslope form And Process, Cambridge university press.
- CHANG, L. S. (1976) The Lushanian stage in the Central Range of Taiwan and its fauna: Process in Micropaleontology, U. S. Nat. Mus. pp. 27~35.
- Chiu, H. T. (1972) miocene stratigraphy and its relation to the paleogene rocks in westcentral Taiwan: Ibid., no. 12, pp. 5180.

- E. Hoek & J. W. Bray, (1981)Rock Slope Engineering Revised Third edition; the Institution of mining and Metallurgy.
- Edward N. Bromhead (1987)groundwater and landslides: principles and practice; memoir of the geological society of china, no. 9. pp. 147~158.
- Finlayson & Stathan(劉柏宏譯),Hillslope Analysis (1989).
- Hongey Chen (1989) Mineralogical and physical properties of colluvium at chitan, taiwan acta geological taiwanica science reports of the national taiwan university no. 27. pp. 55~78.
- Hongey Chen (1989)The stability and mechanical behaviour of colluvium slopes, journal of the geological society of china vol, 35, no. 1, pp. 95~114.
- John N. Hutchinson (1987)Mechanisms producing large displacement in landslides on pre-existing shears: memoir of the geological society of china, no. 9. pp. 175~200.
- Kimura, T. (1973)Relations between the minor structures of the Tanano Schist and the slate formation in Central Range of Taiwan Contr, Geol. Paleno. Southeast Asia, vol. 11, pp. 137~160.
- Lee, C. S. 1979b. Paleogene rocks of the Yushan-Shuili area, Nantou, central Taiwan: Memoir Geol. Soc. China, NO. 3, PP. 237~247.
- Liu, C. C. (1971)Geology of the Hoshe Anticline, Nantou, Taiwan: Portrleum Geo 1. of Taiwan, NO. 9, PP. 107~121.
- Liou, J. G. (1981)Petrology of metamorphosed Oceanic rocks in the Central Range of Taiwan: Memoir Geol. Soc. China. NO. 4, PP. 291~341.
- Liu, Jiu-King (1986)Remote sensing for identifying landslides and for landslide prediction cased from Taiwan; Reprinted from mining technology vol. 24, no. 1, march 1986.
- Pan Kuo-Liang (1987)Assessment of geologic hazards for slopeland—for slopeland—use planning in Taiwan; menoir of the geological society of China, no. 9, pp. 367~382.
- Quido Zaruba, (1982)Vojtech mencl landslides and their control, developments in geotechnical engineering 31.
- Wataru Hashimoto, Itsuro Kawasaki, Chih-Hsien Chen, and Naoaki Aoki (1977) topograph jic analysis of the landsat-1 satellite imagery of Taiwan on the Lineament Pattern of the Mt. Yushan Area, Central Taiwan. mining technology vol. 15, no. 7.

六、誌謝

本研究承蒙處長暨管理處的鼓勵與支持,並提供經費及行政支援,始得以順利完成及出版報告。

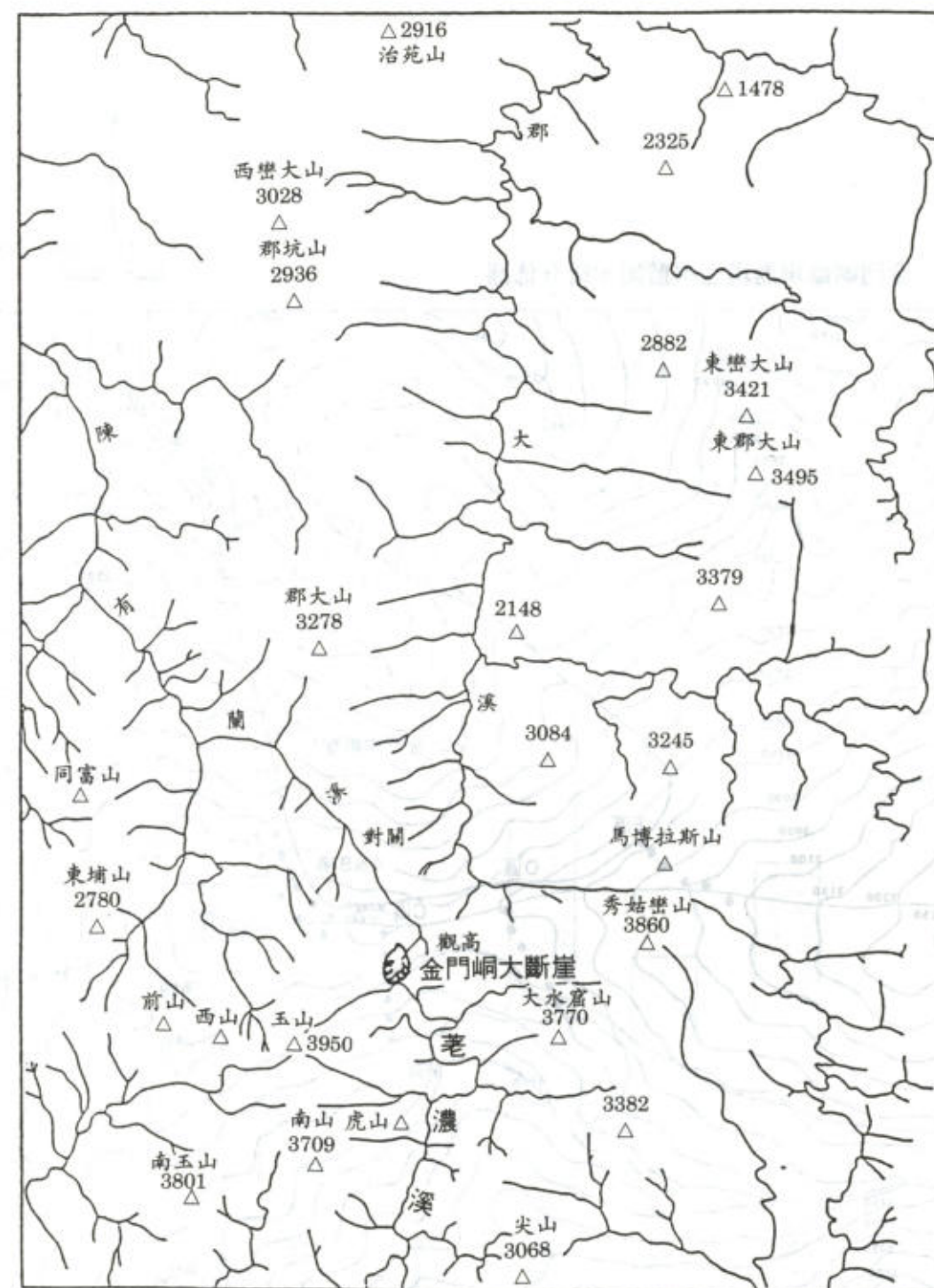
研究期間(七十六年十一月~八十一年五月),受到前任葉世文處長全力的支持與勉勵,藉此謹表達個人最誠摯的敬意與謝意。同時承國立成功大學地球科學研究所蔡金郎教授、林慶偉教授、工研院能資所黃鎮臺教授、劉進金、夏龍源二位學長及國立自然科學博物館程延年、葉貴玉二位博士的參與勘查及指導,特此致謝。

金門嶺斷崖因地形險峻,交通極為不便,野外監測工作非常的艱困與危險,衷心感謝全

體巡山員不辭辛勞協助野外打樁及量測工作，使本研究得以順利完成，如：伍金山、伍玉龍、江啟明、方有水、顏文博、林淵源、杜順發、劉居賜、高尚義、謝國忠、謝佑龍、高忠義、全秋雄等巡山員。

還要感謝鍾銘山、楊惠朱二位同仁於研究期間代理課務之辛勞，工務課陳彥甫同仁、鄭元振學弟之協助電腦繪圖工作，成大地科系學弟顏君毅、王仲平、賴文基、莫凌霄等的協助野外地質調查工作，以及吳明勳先生協助繪圖之工作。

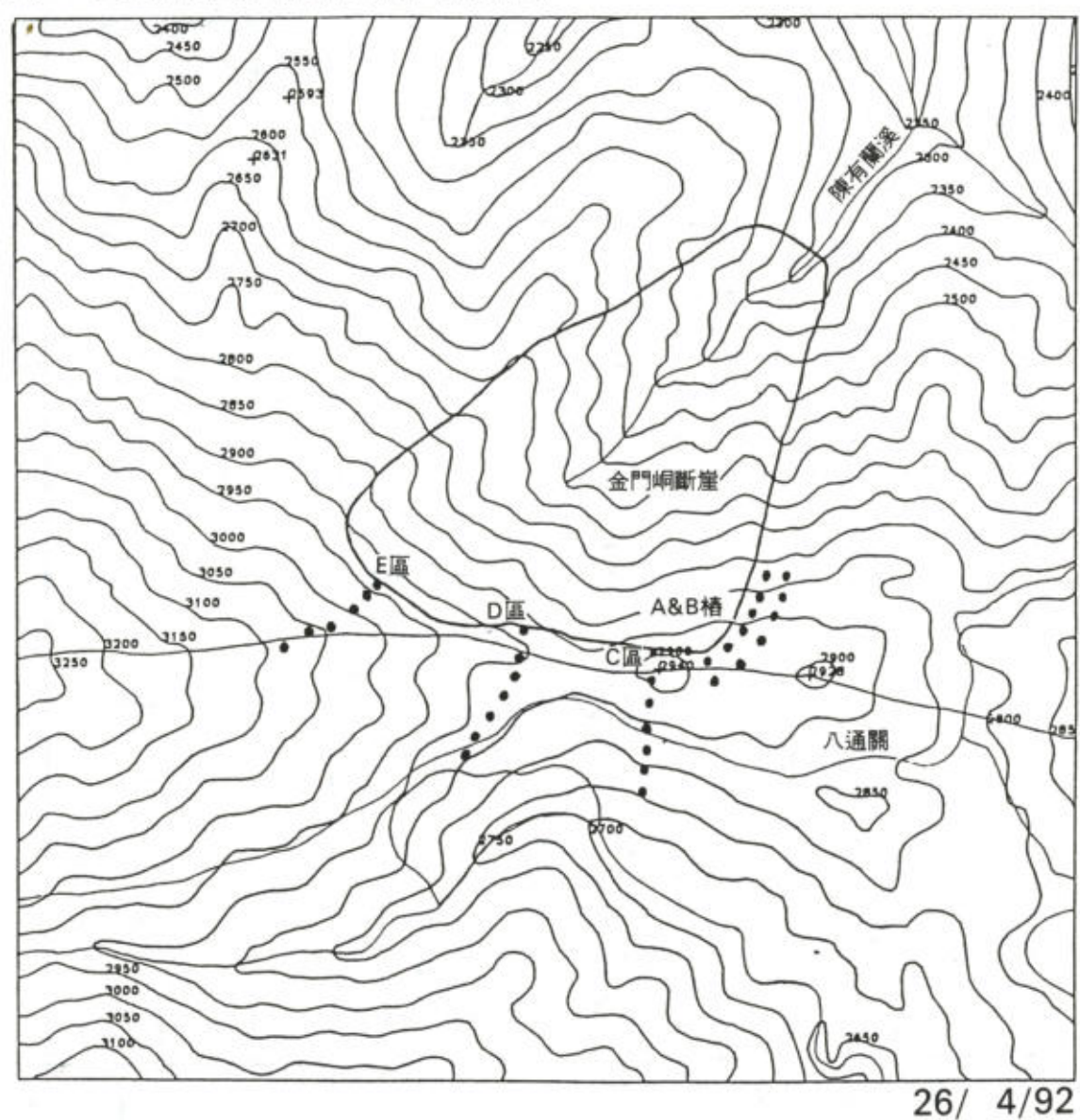
最後感謝企劃課與觀光課全體同仁於研究期間，均能勤奮盡責於課務，使我無後顧之憂，得以順利在工作與自行(學術)研究上兼顧並獲益。



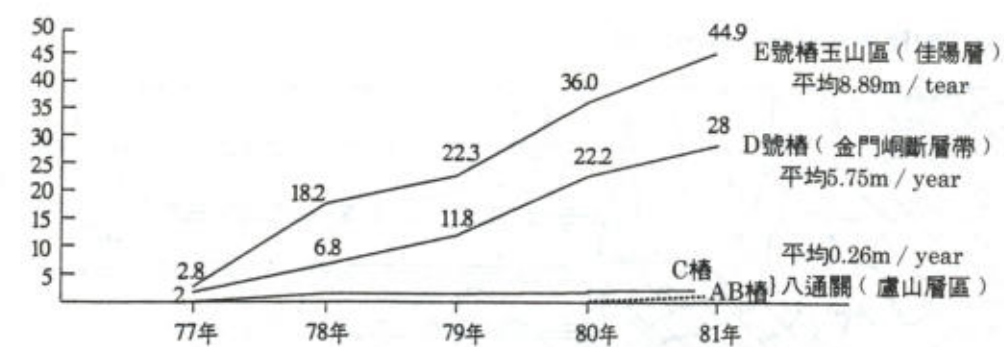
圖一、陳有蘭溪及附近流域河系分佈圖



圖二、金門嶼斷崖崩塌速率監測木樁分佈圖

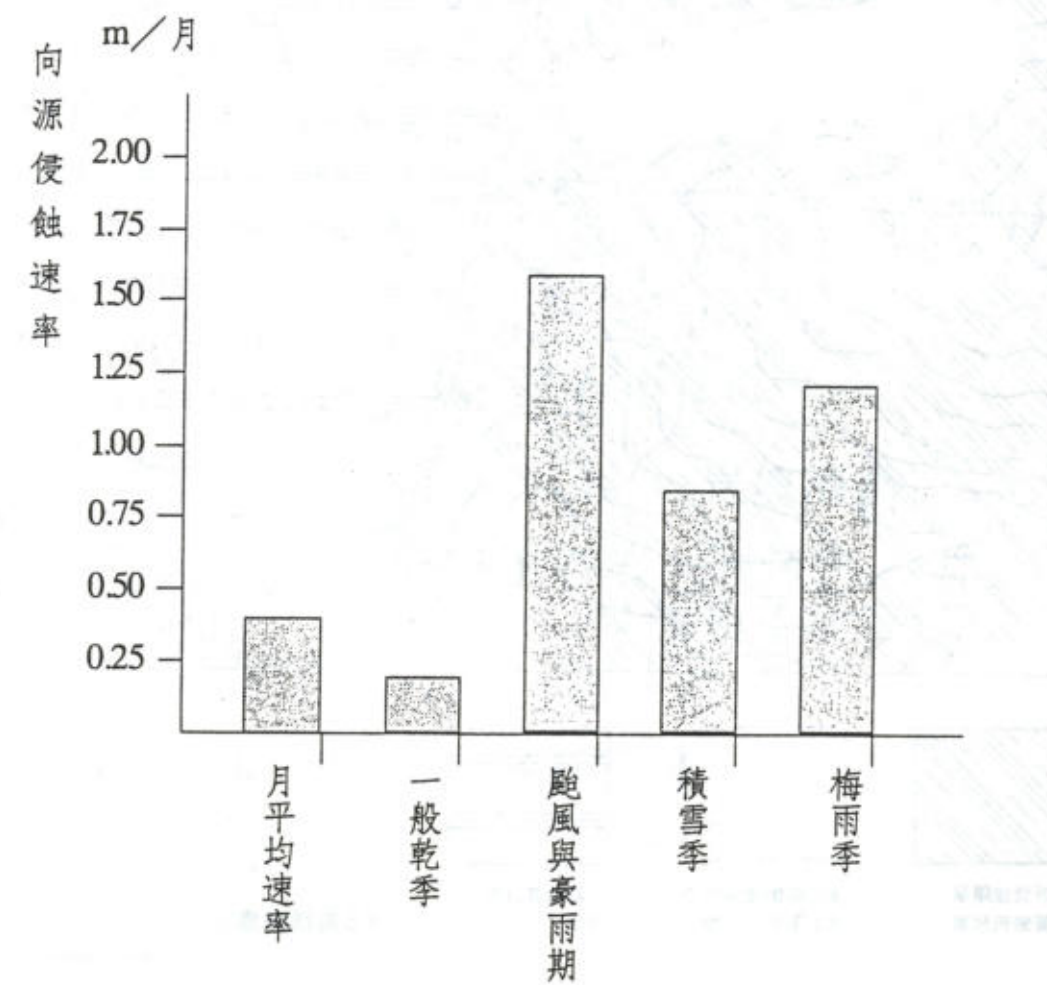


圖三、77~81年金門嶼斷崖A~E樁位後退滑動變化圖

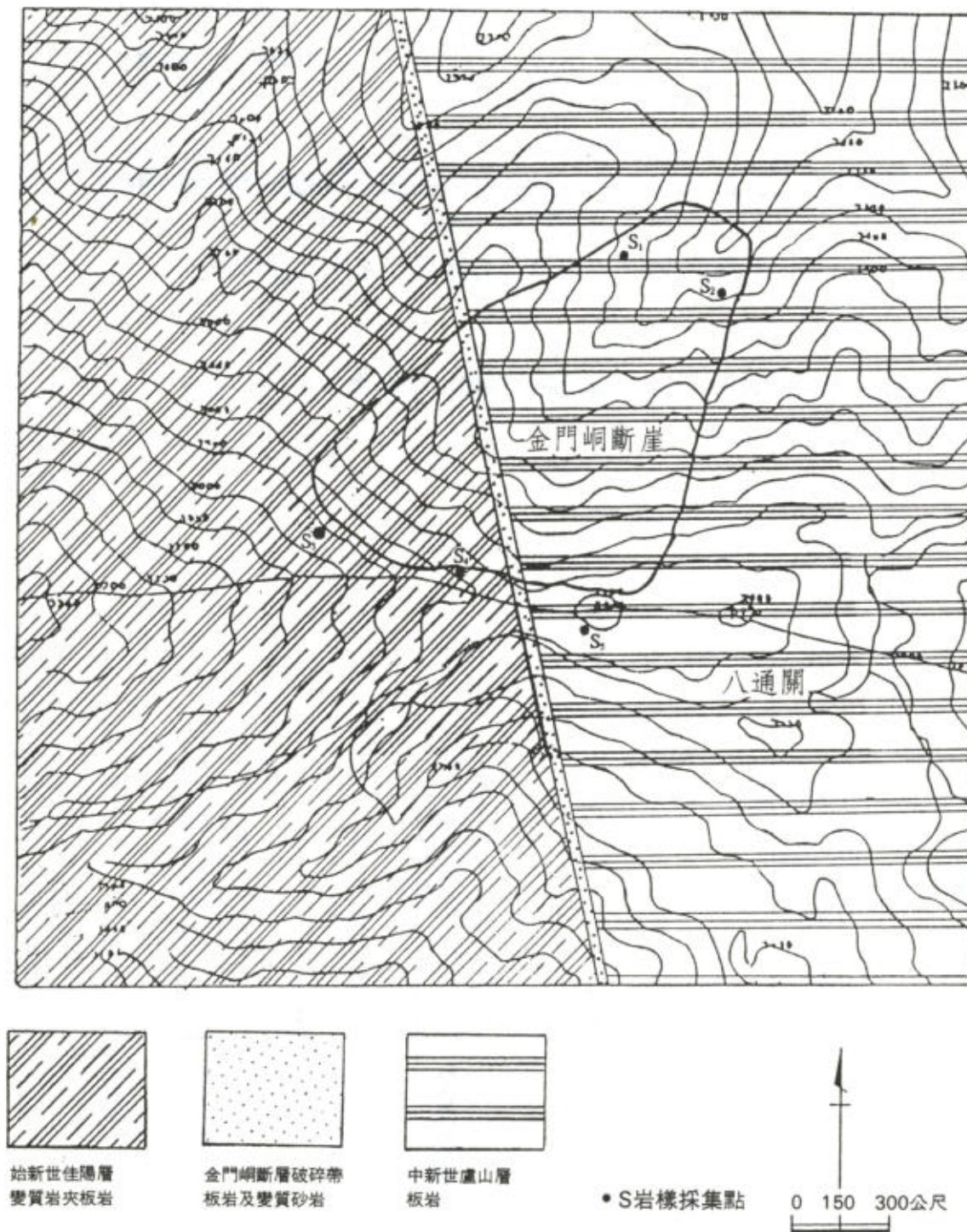


註：81年因只觀測至5月乃以該區每年平均速率外插求得。

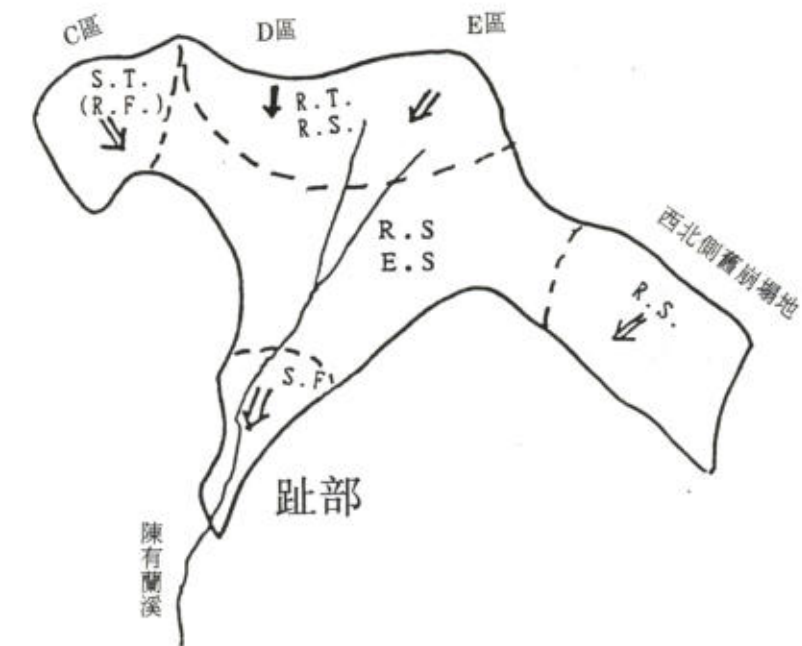
圖四、金門嶼斷崖氣候與向源侵蝕之關係比照圖(參考表4-19)



圖五、金門峒斷崖地層及岩性分區圖

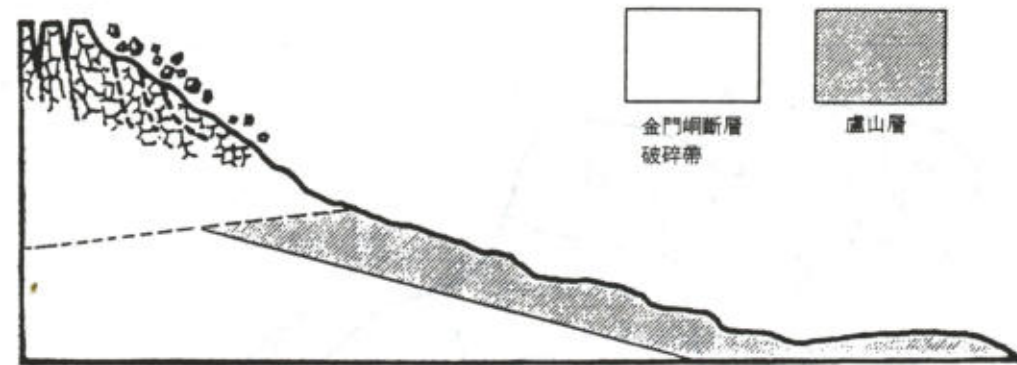


圖六、金門峒斷崖崩塌型態標示圖

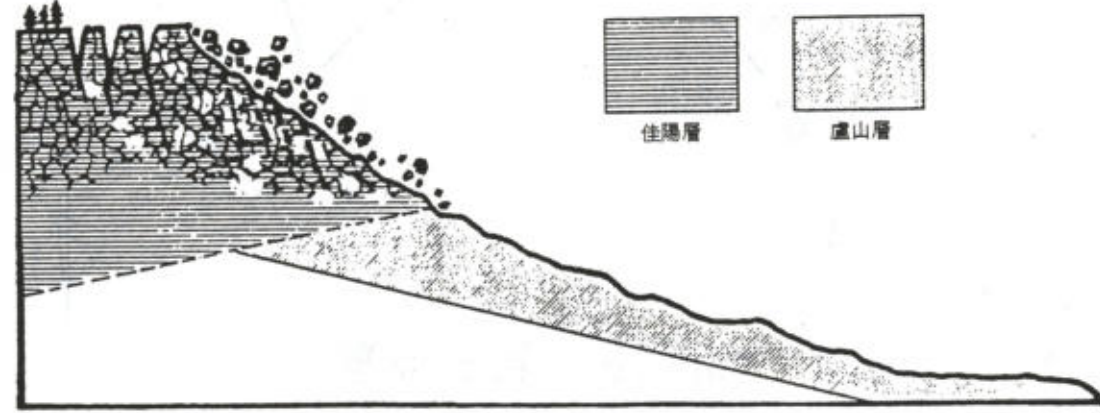


- | | | |
|-----|------------------------------|------|
| R-T | rock topple | 岩石傾覆 |
| R-S | rock slide | 岩石崩移 |
| R-B | rock block slide | 岩塊滑動 |
| S-F | solifluction 土石流 (坡角迅速搬運不堆積) | |
| S-T | stable area | 穩定區 |
| R-F | rock fall | 岩石墜落 |
| E.S | Eareh slide | |

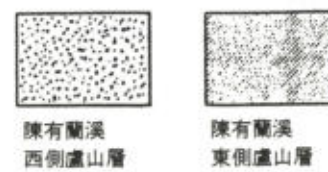
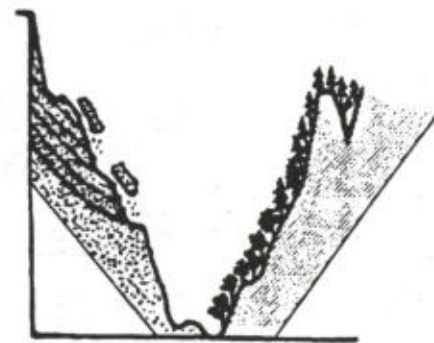
圖七、金門峒斷崖C區崩塌剖面示意圖



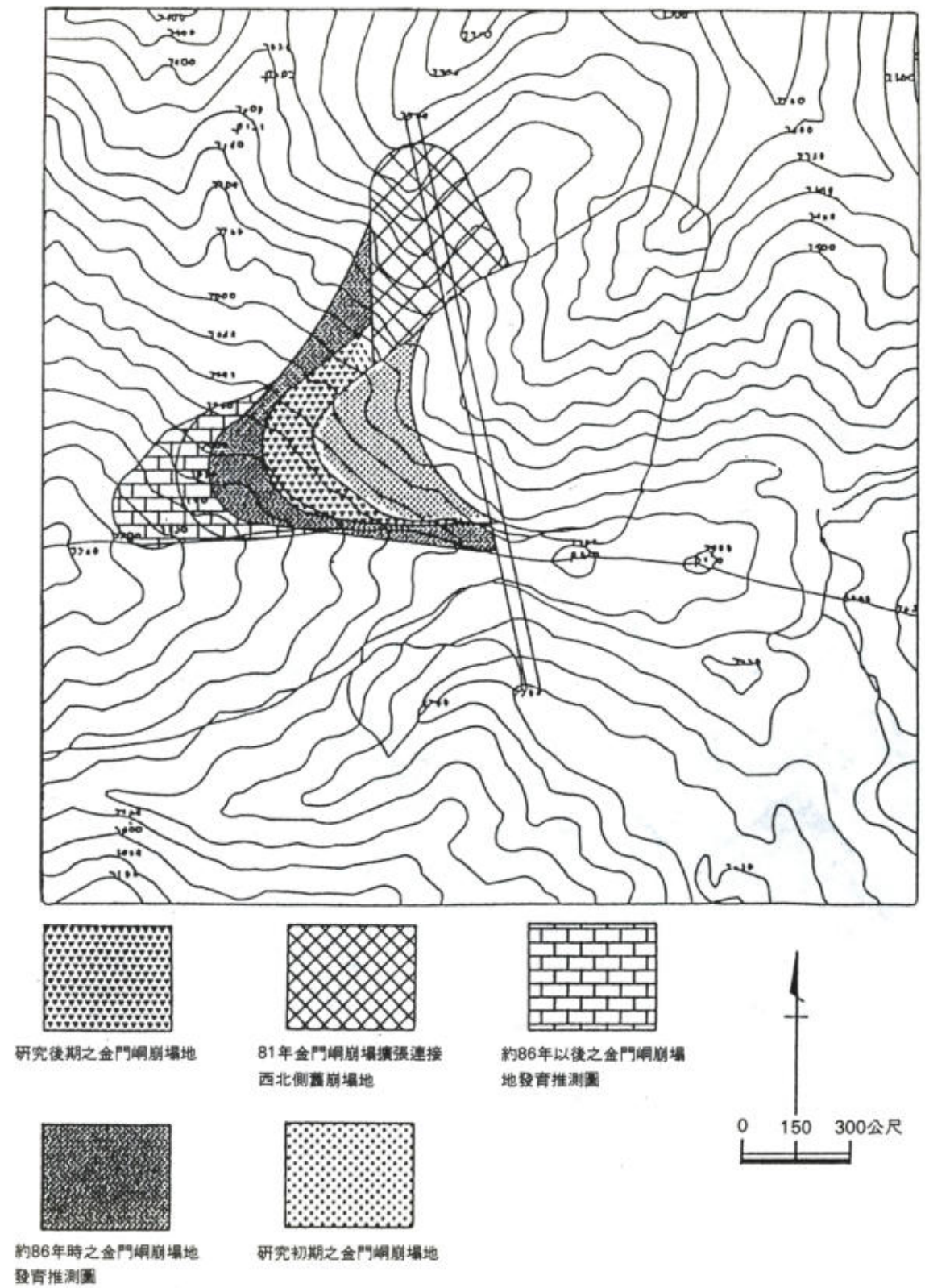
(b)金門峒斷崖E區崩塌剖面示意圖



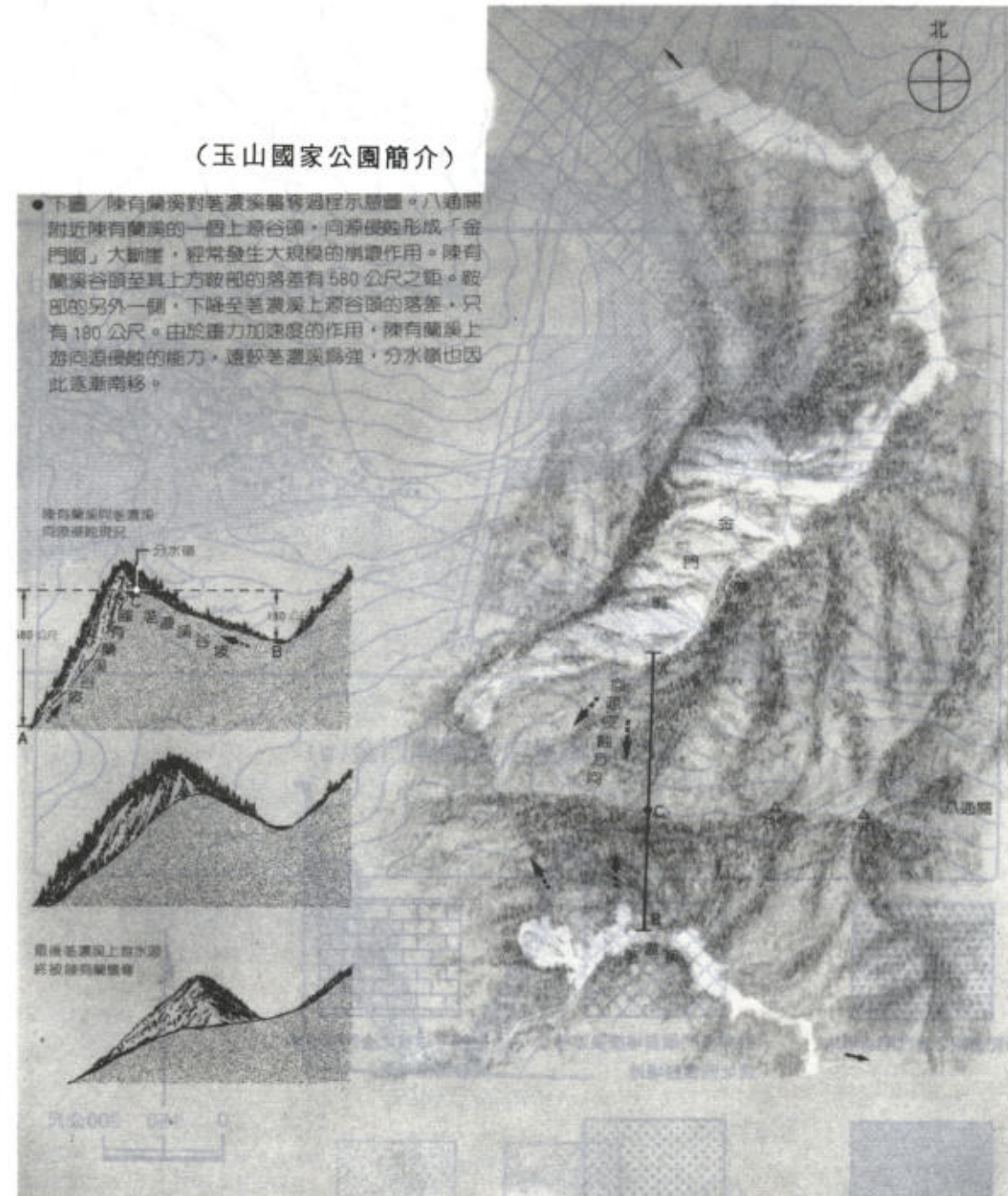
(c)金門峒斷崖崩塌橫剖面圖



圖八、金門峒斷崖D區及E區向源侵蝕預測圖



圖九、陳有蘭溪與荖濃溪河川襲奪預測圖

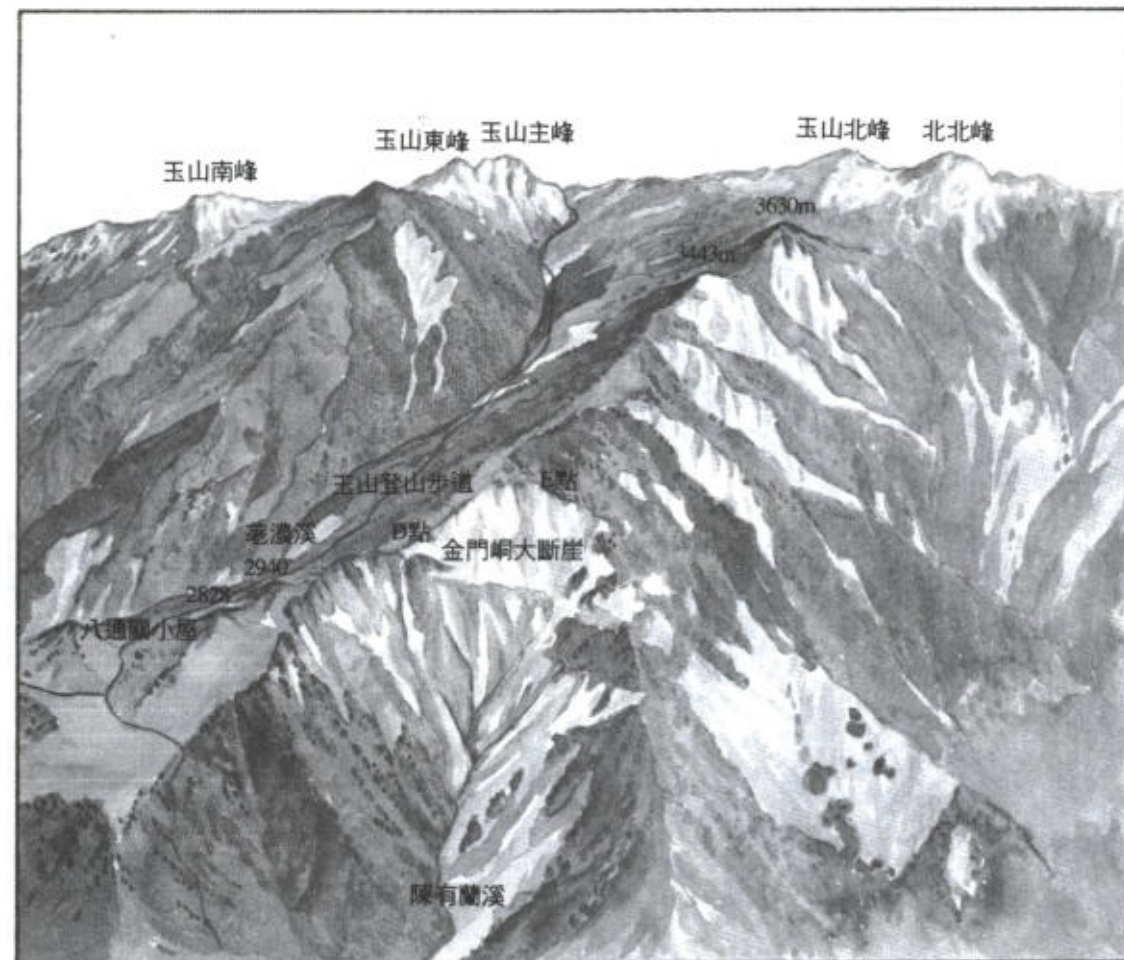


金門峒大斷崖向源侵蝕預測示意圖(約西元2030~2040年)



吳明勳繪

圖十、金門峒大斷崖現況鳥瞰圖(西元1989年)



表一、金門峒斷崖崩落地基樁觀測樁位滑動表

觀測日期	基樁分區		斷層帶	玉山區(佳陽層)	備註
	A.B號樁	C號樁			
76.11.11	0	0	0	0	基樁初埋設
76.12.13	0	0	0	0	
77.08.10	0	0	2m	2.8m	
78.04.12	0	0	3m	3.8m	
78.05.08	0	0	3.8m	3.8m	78年梅雨季節開始
78.06.18	0	0.2m	5.0m	13.0m	78年梅雨季節結束
78.06.28	0	0.2m	5.0m	13.0m	補E樁
78.07.21	0	0.2m	5.8m	14.0m	78年雨季及豪雨期
78.08.17	0	0.2m	6.8m	18.2m	78年雨季及豪雨期
79.11.01	0	0.3m	12.8m	22.3m	
80.07.13	0	0.3m	18.7m	26.0m	80年雨季及豪雨期
80.08.30	0	0.4m	20.6m	31.0m	80年雨季及豪雨期
80.10.31	0	0.8m	22.2m	36.0m	80年雪期將至
81.05.01	20cm	1.2m	25.9m	40.0m	81年雪期結束
平均滑動率(m/year)	0.044	0.26	5.75	8.89	

以上資料依時間順序累計(77~81年)

表二、金門峒斷崖面至分水嶺距離變化表

項次	金門峒斷崖崩崖面 距分水嶺之距離	金門峒崩崖面 平均每年後退速率	參考資料
22(昭和八年)	250m		昭和八年1/50000地形圖
74	89m	3.10 m/year	74年航照圖及1/25000地形圖
76年11月	45.80m	14.40 m/year	76年11月佈樁觀測值
80年7月	27.10m	5.10 m/year	80年7月野外監測值
80年10月	23.60m	14.00 m/year	80年10月野外監測值
81年5月	19.90m	6.34 m/year	81年5月野外監測值

註：金門峒斷崖平均每年向源侵蝕速率(崖面後退速率)

1、昭和八年至本研究81年5月止：

$$(250\text{m} - 19.90\text{m}) / 59\text{年} = 3.90 \text{ m/year}$$

2、本研究調查期間自76年11月佈樁量測至81年5月止。

$$(45.80\text{m} - 19.90\text{m}) / 4.5\text{年} = 5.75 \text{ m/year}$$

表三、金門峒斷崖崩塌面積擴大表

項次 時間 民國	金門峒斷崖 崩塌地面積	崩塌面積 每年平均擴大速率	參考資料
22年 (昭和八年)	0.350 km ² (86.48 Acre)		昭和八年 1/50000地形圖
74年	0.462 km ² (114.10 Acre)	2153.84m ² /year	74年10月 1/25000地形圖
74年	0.556 km ² (137.33 Acre)		74年航照圖 1/20000
79年	0.550 km ² (135.85 Acre)	17600m ² /year	79年1/50000 地形圖
81年	0.886 km ² (218.84 Acre)	168000m ² /year	實際觀測及 DTM換算值

表四、八通關草原各型植被摘要

植 被 型	分 布 地 點	成 因
鐵杉森林	八通關西峰西北坡及西南坡溪谷。	西風、北風潮濕山溝。
二葉松森林	八通關西峰西南坡及南坡。	火災干擾少。
馬醉木—杜鵑開放灌叢	2928m至2940稜脊及2870m山頂區。	背風、石礫地萌藥力強。
玉山箭竹草生地	草原區中央之低平處	較潮濕地。
高山芒—玉山箭竹草生地及枯木林	八通關西峰西坡及2928m西坡、2870m之周圍山坡、北峰稜線南坡。	火災較多之地區、中性環境。
高山芒—玉山箭竹草生地	八通關西峰山頂區域及2928m至2980m稜脊之南、北坡。	

(參考郭城孟 1990)

表五、金門峒斷崖主要節理組之Schmidt Net分析值

NO	E區 (含D區) Joint		C區 Jiont	
	strike	dip	strike	dip
1	N 3° W	65° E	N 75° W	48° SW
2	N 32 E	30° NE	WE	82° S
3	N 58 W	87SW	N 70° E	83° S E
4			N 46° W	50 S

表六、金門峒斷崖主要板劈理之wulff net分析值

NO	E區		C區	
	strike	dip	strike	dip
1	N 2° W	62 E	NS	50W