

太魯閣國家公園地質現象永久觀察站之規劃

委託單位：內政部營建署太魯閣國家公園管理處

承辦單位：中國地質學會

計畫主持人：王執明

中華民國八十一年六月三十日

目錄

第一章 地形變化

1.1. 花蓮地區的地盤上升的證據

1.1.1. 地震資料

1.1.2. 海階年定資料

1.1.3. 大地測量

1.1.4. 縱谷斷層通過花蓮以北的確實位置

1.2. 錦文橋附近的岩盤上升速率

1.2.1. 證據

1.2.2. 方法

第二章 立霧溪

2.1. 立霧溪及其支流下切之速率

2.1.1. 河流下切的過程

2.1.2. 立霧溪及其支流之水位變化

2.1.3. 立霧溪河床高度之變化

2.2. 立霧溪河谷寬度變化

2.2.1. 影響河道加寬的因素

(1) 岩石受到破壞

(2) 流水的侵蝕與搬運作用

2.2.2. 測量河谷增寬變化

2.3. 立霧溪的沈積物

2.3.1. 立霧溪三角洲

2.3.2. 古河階

2·4· 其他

第三章 地層之標準地點

3·1· 長春橋—長春層之標準地點

3·1·1· 命名

3·1·2· 標準地點

3·1·3· 岩性

3·2· 漢畔—漢畔花岡片麻岩體出露地

3·2·1· 命名

3·2·2· 標準地點

3·2·3· 岩性

3·3· 九曲洞—九曲層之標準地點

3·3·1· 命名

3·3·2· 標準地點

3·3·3· 岩性

3·4· 天祥—天祥層之標準地點

3·4·1· 命名

3·4·2· 標準地點

3·4·3· 岩性

第四章 變質構造

4·1· 褶皺

4·2· 斷層

第五章 結論

太魯閣國家公園地質現象 永久觀察站之規劃

王執明

摘 要

本工作主要分爲二個方向，一爲規劃長期性觀察站，定時觀測其記錄其變化情形，一爲選擇代表性地質現象觀察站，做描述性介紹。

永久性觀察記錄站，爲方便非專業操人員操作，選擇容易到達之地點與目標。觀察花蓮地區之地盤上升速率，以錦文橋做定點觀測。觀察地形變化，以立霧溪河口記錄沖積扇之生長速率及河階抬升速率。爲觀察河谷地形之改變，選擇以下五處：太魯閣公園管理處下方，長春祠、白沙橋、燕子口、新珩橋、白楊瀑布下方。古河階地之減小與消失，選擇太魯閣入口票亭處，布洛灣，天祥，西寶等臺，以及立霧溪沿岸多處殘留小河階地。

代表性地質現象觀察站，包括以太魯閣峽谷地區命名之岩石地層單位，天祥層、九曲層、長春層等標準產地（Type Locality）之岩性描述。變質岩岩石構造之褶皺斷層，糜嶺構造，混成構造等特徵之描述。

第一章 地形變化

臺灣在地質構造上位於歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊的擠壓碰撞帶上，也就是島弧與大陸的碰撞帶，是今日地球上仍在繼續活動的碰撞帶。

臺灣在地質構造上，引起國際地質學界重視的一大要件，就是臺灣東部海岸山脈代表菲律賓海洋板塊上的島弧物質與海溝物質已隆起升出海面，可以於陸地上直接觀察。同時由於這個碰撞作用，使西側的歐亞大陸板塊隆起成東南亞最高峰（玉山）。

臺灣島的快速隆起，快速受侵蝕作用，是屬於世界上難得一見的地區。花蓮太魯閣即在這樣的地質背景下發育而成的峽谷地形。依作者二十年的經驗，親自觀察到河谷的加深，新的河階（海階）生成，老的河階遭受破壞，因此建議太魯閣國家公園設立永久觀察站，做定期測量，記錄未來二十年乃至五十年的變化，為全球提供具有珍貴價值的 firsthand 測量資料，是責無旁貸的任務。

1.1. 花蓮地區的地盤上升的證據

為確實認識臺灣花蓮地區的上升擬分為三方面提出證據。第一，由地質學上，臺灣所在地體構造位置，說明臺灣是處於上升的情形，第二，利用海階高度、河階定年資料求得長期平均上升速率，第三，利用已數十年來測量記錄獲得近期的上升速率。

1.1.1. 地震資料

根據1973至1991八年時間內發生地震震源規模，位置與深度資料，投影於三度空間（圖1—1）。東西剖面為北緯23°以南震源之投影，南北剖面及平面為全部震源之投影。可明顯看出菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的縫合線為臺東縱谷。在花蓮以南，海洋板塊上覆（obduction）至大陸板塊之上。於花蓮以北，菲律賓海板塊向北隱沒（圖1—1）。圖1—2為根據圖1—1的資料做成之臺灣附近板塊構造示意圖，圖中表示歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊縫合線，及菲律賓海板塊之上覆，及隱沒相關位置圖。由臺灣地體構造圖觀之，全島上升是可以期待的。

1.1.2. 海階定年資料

地殼變動時，若陸地相對海面上升時，則海岸線一帶的海灘、三角洲等沈積物必隨之升高，若升高至海水達不到的高度時，而可保留下來。已降低的海岸線必將生成新的海灘，或三角洲。這些新的沈積物位於前一期的沈積物下方靠海的一側。若陸地相對的再一次上升，則可生成第三期的海灘。

新的海灘沈積物與前一期海灘沈積物的相關位置，依上升速率，沈積速率，以及侵蝕速率等影響。若上升緩慢，原始海灘沈積物甚薄，海浪又高，極易將原始沈積物侵蝕殆盡，不留痕跡。若地盤上升速率很大，原始平坦低角度向海傾斜的海灘升高後，若海浪的侵蝕作用並不強烈，

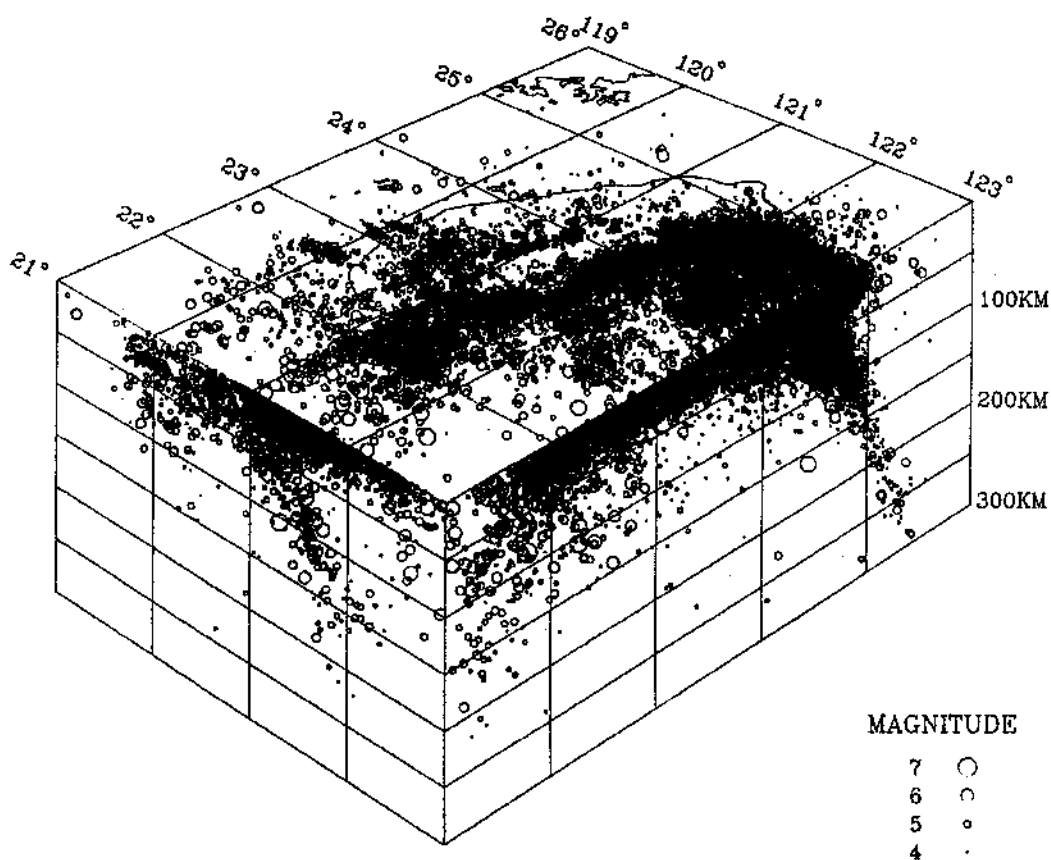


圖 1—1 臺灣地區地震震源分布投影圖

本圖為1973至1991臺灣附近發生之地震震源圖。圖中東西剖面為北緯 23° 以南之震源投影圖，平面及南北剖面，為全部震源投影。由圖中可辨視弧陸碰撞接觸帶的臺東縱谷（中間狹長者）。花蓮以北的區域則代表菲律賓海板塊隱沒到琉球島弧系統所產生的震源分布，另一在花蓮以南的震源分布則代表菲律賓海板塊，上覆（Obduction）到歐亞大陸的情形。

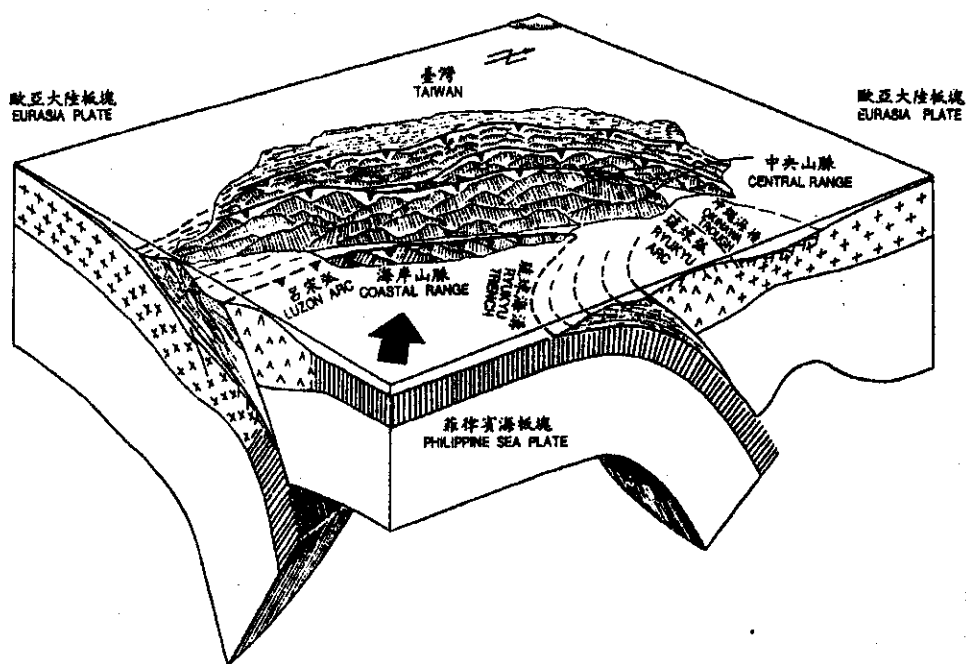


圖1—2 臺灣地區板塊構造示意圖

根據臺灣地區地震震源分布（圖1-1）所繪之臺灣
地區板塊構造立體示意圖

則新的海灘可於前一期海灘下方，一次又一次的逐漸連續沈積，不成爲明顯的階梯式，而成爲尚稱完整的平坦面。若沈積物很厚，又受強烈的海浪侵蝕，則於前一期海灘，靠海的一側侵蝕成斷崖，斷崖下方，生成新的三角洲或海灘沈積物，其下方靠海級一側生成新級海灘，則二級海灘沈積物相連且形成明顯的階地。有時海灘沈積物很薄，當陸地上升之後，其下方爲岩石，稍受侵蝕，形成斷崖。新的海灘沈積物覆蓋岩盤之上。新、老二級海灘沈積物亦形成階地，但沈積物並不相連，其間爲裸露岩石形成的斷崖相隔。

沿海岸有時海灘發育並不均一，有的地方有海灘沈積物，有的地區爲岩岸，即始發育良好的海灘，在隆起後，受侵蝕作用遭受破壞，尤其有河流穿過時，破壞更爲迅速，使隆起的海階並不連續，如果河流沈積物覆蓋其上時，使情況更趨複雜。

臺灣東部花蓮至成功一帶，有大坑，水澮，豐濱，石梯，靜埔，八仙洞，樟平，烏石壁等地皆有海階發育。以成功北方約十五公里處之烏石壁最爲清楚，最少有五級海階，其高度分別約爲65—70公尺；25—45公尺；20公尺，7公尺及低於6公尺。由成功向北，海階高度降低，至豐濱爲23—18公尺，及狹窄海階，分別位於12公尺，7公尺及4公尺。臺灣東部各海階沈積物中之貝殼，珊瑚，泥炭等之碳-14定年，以及 $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$ 之定年(Liew et al., 1990)結果，全新世近五千餘年的上升率，以成功一帶最高，平均每年9—10mm，而向北至花蓮一帶僅約每年2—3mm。表1—1爲成功至花蓮各地最高兩級海階及最低的一級，其高度對比，及年齡。

表1-1 臺灣東部花蓮至成功一帶海階之高度及年齡

	烏石鼻	樟山	樟平	八仙洞	普濟	石梯	石門	豐濱
第一級	高度 (m)	60	70	50	37	38	37	26
	年齡	5130±60 4970±250						
第二級	高度	5050±60 5340±250						
	年齡	45	36	24	28	26	18	
第三級	高度 (m)	14						
	年齡	1970±40						
		5.2						
		6						
		1040±100 980±80						

1.1.3. 大地測量

臺灣最早大地測量全省三角點測量資料可追溯自1914年（民國三年）開始，於民國十年完成。第二次三角點全面檢測是民國六十五年至六十八年。其後有因其他工作需要而有局部檢測，以及為了解縱谷斷層，海岸山脈移動定點，或設立定點檢測者。（陳佳元，1974；吳景祥，1984；余水倍[Yu et al.,1982,1988]）

陳惠芬（1984）根據六十八年三角點檢測結果與第一次三角點測定結果，求得各三角點之高程差。其結果顯示在平均約60年之間，除沿海幾處外，全島上升。以東部而言，以成功上升率最大，六十年來平均每年上升45公厘。其數值遠超過劉平妹（Liew et al.,1990）約五千年來之平均值。

於花蓮至壽山一帶，由三角點檢測，可明確看出海岸山脈相對中央山脈向北移動，其水平移動方向為北20°東。自1909年或1942年至1971，二十九年至六十二年之間，四個三角點移動的平均值為3.65公尺，平均速度為每年6至13公分，這是一個相當高的移動速度（表1—2）。

1.1.4. 縱谷斷層通過花蓮以北的確實位置

陳佳元（1974），吳景祥（1984），追蹤三角點檢測記錄，或自設三角網施測，皆未越過花蓮。應依據二人所用之方法擴大至花蓮以北，如陳佳元（1974）所示，經過

表1—2 海岸山脈三角點檢測前後水平移動之方向與距離
(取自陳佳元，1974)

三角點名稱	等級及編號	測定年份	移動方向	移動距離
花蓮山	三等，728	1909-1942	N16° E	3.47
		1972		
賀田山	二等，1215	1909-1942	N21° E	3.51
		1971		
北月眉山	三等，4285	1909-1942	N40° E	3.78
		1971		
月眉山	一等，未編號	1909-1942	N23° E	3.84
		1971		

花蓮之西北方，以確定縱谷斷層（海岸山脈斷層），查明三角點移動之方向與大小，抑或如吳景祥（1984）（圖1—3）所提出可能沿花蓮為主要移位線。

在方法上，可自設定點，定期觀測。不過這需要專業測量人員施測。較簡單的方法，為搜集聯勤，或內政部大地測量資料，予以計算，規納，推定縱谷斷層之確實位置。

1.2. 錦文橋附近的岩盤上升速率

1.2.1. 證據

太魯閣國家公園區附近可以認識地盤上升，最明顯的證據，應以錦文橋為代表。

於太魯閣口，橫跨立霧溪的老錦文橋（圖1—4）興建於何年，手邊無資料。至民國七十九年受大颱風沖失，相信不過三、五十年。在這三、五十年之間，錦文橋受立霧溪向下侵蝕的結果，可由橋墩的狀況逐次回推。

錦文橋之南側橋墩上，有上、下兩個水位標（圖1-5）。判斷上部的水位標應屬早期者。由於地盤的上升，加速立霧溪的向下侵蝕，河水面的下降，以至降至上部水位標以下，已無法記錄水位變化，乃於下方設置第二個水位標。如果這個過程是正確的，則已明白證實立霧溪向下侵蝕，地盤上升的證據。

至民國七十五年左右，已發現河水已開始侵蝕橋墩底部，工程單位以混凝土試圖固定橋墩（圖1-6A），其效果不彰，不久連同混凝土也遭沖失，破壞（圖1-6B）。同時流水已沖蝕橋墩下方，逐步挖空，由圖1-6C中可以看到約二公尺長之木桿，可毫無阻礙的伸入橋墩之下方。當時的

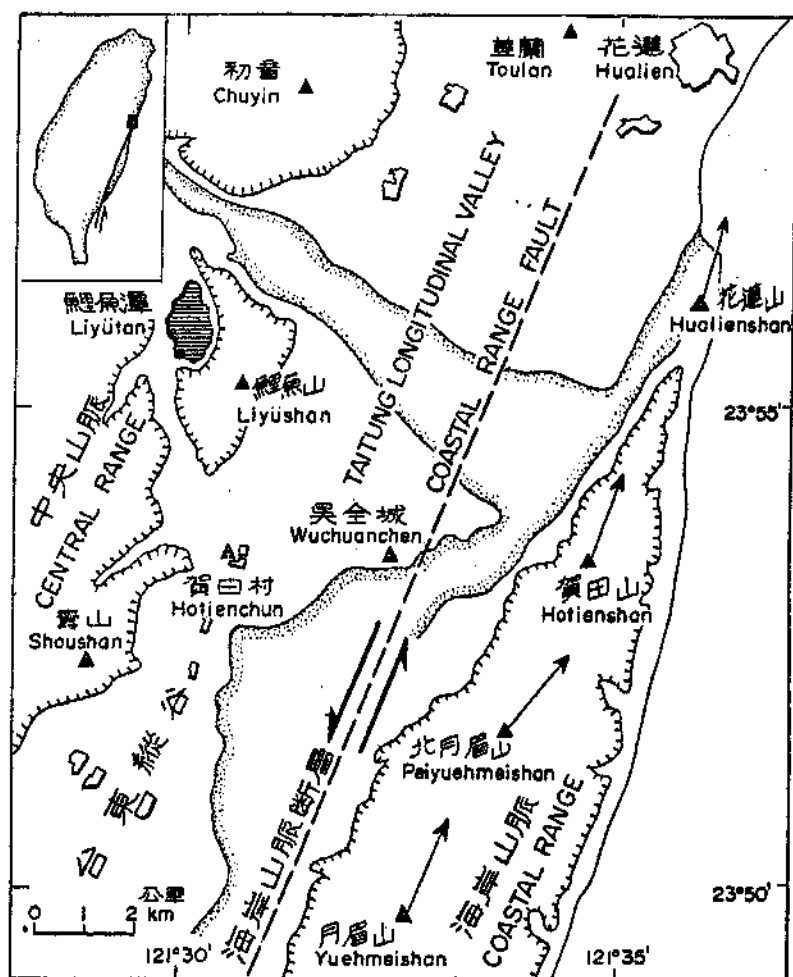


圖 1—3 花蓮以南地區之中央山脈，台東縱谷及海岸山脈北部三角點位置，及檢測前後水平移動方向

三角形為三角點之位置，無箭頭者為初音，表示檢測前後無變動，為初音，鯉魚山，壽山，莒蘭，及吳全城。附箭頭者，花蓮山，賀田山，北月眉山，月眉四處發生移動，箭尖表示移動之方向。（取自陳佳元，1974）



圖 1—4 錦文橋（老橋）

蘇花公路太魯閣口，跨越立霧溪之錦文橋。此橋已於民國七十九年颱風所沖失，不見蹤影。



圖 1—5 錦文橋（老橋）橋墩上之水位標

由於臺灣東部地盤上升，加速立霧溪的向下侵蝕，河水面亦隨同下降。上部的水位標已不能標示水位時，於是再設置下部之水位標，所以橋墩上的二級水位標明確的證明錦文橋一帶地盤上升。

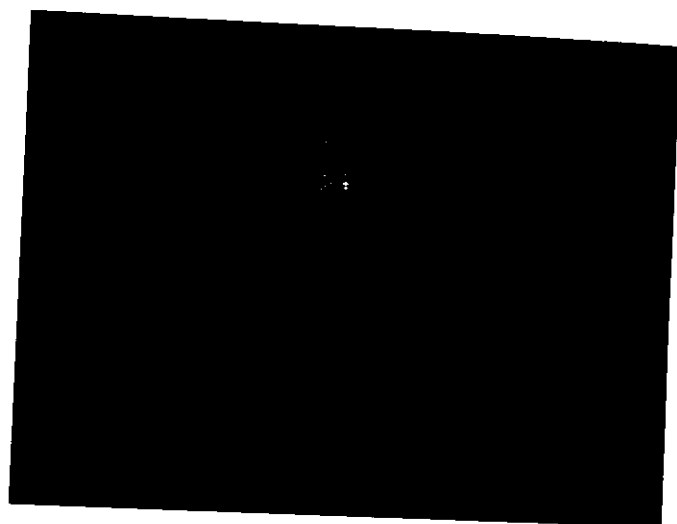
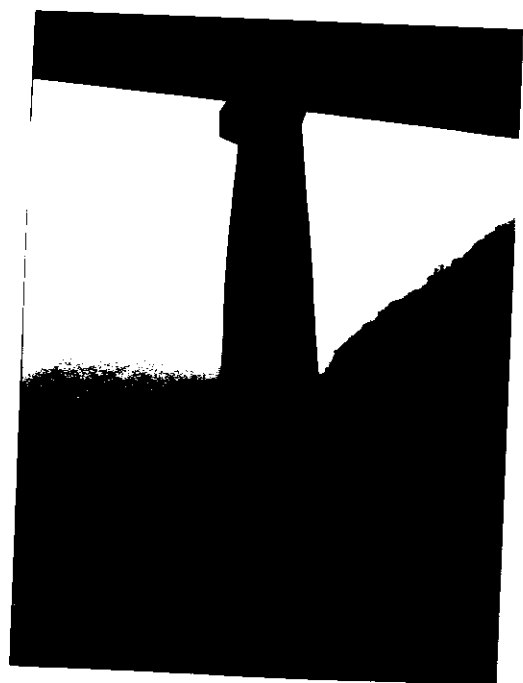


圖1—6 錦文橋（老橋）橋墩

- A. 橋墩下方以水泥礫石強化固定橋墩。
- B. 水泥礫石又被沖蝕，僅留下一抹痕跡。
- C. 橋墩下方亦被挖空二公尺長的木棍已可伸入而未遇阻礙。橋墩似乎浮於河床之上，以致整座橋樑終於被水沖失。

橋墩僅依附在大理岩岩盤幾個“點”上。橋面已有傾斜現象。每有卡車經過，橋面就震動猛烈，相信經過該橋之人都留有深刻印象。終於在七十九年大颱風時，洪水將浮於河床之上的錦文橋沖入大海。

1.2.2. 方法

由前節敘述之事實，可推斷立霧溪入海口至錦文橋一帶應有地盤上升之情形，應於錦文橋附近定點，與附近三角點位置做定期觀測。

第二章 立霧溪

臺灣島的快速隆起，快速受侵蝕作用，是屬於世界上難得一見的地區。花蓮太魯閣即在這樣地質背景下發育而成的峽谷地形。依作者二十年的經驗，親自觀察到河谷的加深，新的河階（海階）生成，老的河階遭受破壞，因此建議太魯閣國家公園設立永久觀察站，做定期測量，記錄未來二十年乃至五十年的變化，為全球提供有珍貴價值的第一手測量資料，是責無旁貸的任務。

2.1. 立霧溪及其支流下切之速率

2.1.1. 河流下切的過程

河流的向下侵蝕的基準面為該河流入海口的海平面。原則上，高於海平面的地勢將受侵蝕，削平；侵蝕下來的泥沙，隨河水搬運，至低窪之處沈積。

2.1.2. 立霧溪及其支流之水位變化

由河川任何地點以特定之基準面或平均海平面所測得之水面高度為“水位”（Water Level）。因水面位置時常變動，故需選擇適當地點觀測。於該地點設立水位標或水位尺（Staff gauge），一般利用一有刻度之板，可隨時讀出河川之水位。測河川水位高度之基準面有二，一為平均海平面，一為各河川獨立設定之基準面，以適當的地點，以零起算。無論設定各河流之基準面，或各水位標之零點，皆必須與附近大地測量所設定之水準點做正確校正。

於立霧溪之上、下游選擇固定地點設立水位標，觀測水位變化。水位有日變化，年變化及長期變化。日變化是專責機構，如綠水水文站之工作。本工作建議做每月之觀測，做立霧溪之年變化，及長期變化。

1.地點：錦文橋，白沙橋，綠水，天祥陶塞溪及立霧溪，白楊瀑布下之河道。

。

2.水位測量：錦文橋之橋墩應設立水標尺，老的錦文橋曾設有水標尺，89年遭颱風沖失後，新建之錦文橋尚未設水標尺（圖2-1），應督促水利單位設置。

綠水設有水文站，應搜集其觀測資料即可。

白沙橋（圖2-2），白楊瀑布（圖2-3，圖2-4）二點，應利用兩岸穩固岩壁，不易崩落之處，選擇定點，每月測量立霧溪之水位，求得年變化，累積資料，求二十年，五十年或更久遠的長期變化。

2.1.3. 立霧溪河床高度之變化

除上一節中，測量立霧溪水位高度變化外，更應進一步測量立霧溪水道下方之深度，記錄河床高度的變化。

選擇測量之地點可與測水位變化之地點相同。其方法可分兩種，低水位時，可用標竿直接讀出，再依水位高度校正。高水位時，可以重錘或求得水面下深度，再依水位高度校正。

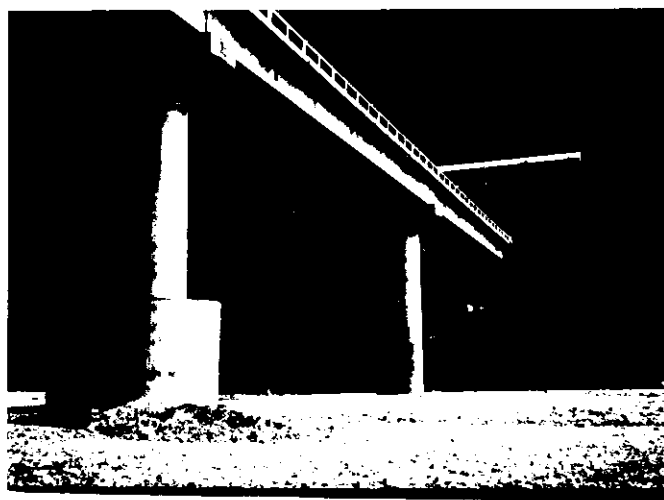


圖 2—1 錦文橋

老的錦文橋於民國七十九年沖失後，於八十年興建的新橋。新橋尚未裝置水標尺，應督促水利單位裝設，以便測定立霧溪水位變化及河床相對高度變化。



圖2-2 立霧溪支流所成小谷

白沙橋北側，近二十年來，流水沖蝕之小谷，急速加深約3—5公尺。



圖 2—3

於白楊瀑布下方河水
過堅硬之石英岩（變質燧
石岩）形成小瀑布。可於
山壁上定點測量橋下小谷
加深，及小谷加寬之變化
。



圖 2—4 白楊瀑布

塔次基里溪之支流形成數級狹窄之懸谷，河水流經懸谷形成數級瀑布。應根據附近三角點，或設立定點，定期測量谷頂與谷底的高度變化及小谷的寬度變化。

A. 全景，共三級瀑布

B. 第一級瀑布

暴雨，颱風時，水位高漲，洪水攜帶大量礫石、泥沙沈積於河床，使河床升高。但這是短暫性的，河水降低時又可將沈積物帶走，或經再一次洪水時沖蝕殆盡。例如今日立霧溪河床尚保留民國七十九年颱風來時的沈積物，以天祥，燕子口一帶皆可看到。應記錄這類河床高度的變化，應是相當驚人的數字，也是屬於立霧溪的特徵。

2.2. 立霧溪河谷寬度變化

2.2.1. 影響河道加寬的因素

(1) 岩石受到破壞

露出地表的岩石不可避免的一定會遭受風化作用與侵蝕作用。地表的岩石無論火成岩、沈積岩，或變質岩，在地面的常溫常壓與含有氧及二氧化碳的空氣，或含有這些氣體的水接觸而發生化學作用。岩石經年累月，甚至數百年、數千年的受到緩慢的化學風化作用，促成組成岩石中的礦物逐漸分解。原本堅硬的岩石，因為其中少數礦物的分解，使整塊岩石變成疏鬆、易碎，以至逐漸粉碎，成為岩石碎屑，或更細小的礦物顆粒成為泥沙、塵土。有些岩石逐漸溶於水中而消失，如石灰岩，大理岩。

已經風化成為岩石碎屑物或泥土，如果保持覆蓋在岩石的上部，具有保護岩石繼續受到風化作用；如果這些碎屑物崩落山坡下，或由風力吹失，流水帶走，露出新鮮的岩石繼續受風化作用。

(2) 流水的侵蝕與搬運作用

堅硬的岩石受到破壞，變成鬆散的石塊、沙礫、泥土等，聚集在地表、山坡上。一旦受重力影響，疏鬆的土石會向山坡下移動。有時移動緩慢，不易察覺，有時急聚崩落就成為山崩。大雨時，滲入地表土石之中，砂石間的磨擦力減少，更易受重力影響而向下滑落。若雨水順地勢匯集成流，則更加速沖刷土石而下，堆積於山腳下，或將沙礫、泥土帶入河流之中。

流水是地球上搬運風化作用而產生岩屑，沙礫，泥土的最主要動力。暴風雨過後，河水水量大增，流速加大，攜帶的泥沙增加。這可以由河水變得混濁的情形清楚的認識。流動的河水本身就可以沖蝕，侵蝕兩岸，若水中央帶岩屑，相當於增加了磨琢工具，更加速河水對兩岸岩層的侵蝕。

2.2.2. 測量河谷增寬變化

由前節中之描述可知河谷必然逐漸增寬。為觀察記錄河谷變寬的地點，應選擇河川沖刷力較大之處，如河流轉彎處，河谷特別狹窄處，根據以往二十年來之觀察已有明顯變寬的情形。

1. 國家公園管理處下方河谷

此處河谷急驟加寬，主要因為該地區為古河階地，由疏鬆之礫石構成，受流水沖蝕結果河階後退，河谷加寬。（圖2—5）

2. 白沙橋東北方立霧溪轉向東流之地點

此地於二十年前片麻岩與大理岩接觸面之露頭



圖 2—5

太魯閣國家公園入口售票亭處，公路旁及河對岸有厚層礫石古為立霧溪古河階，根據近二十年的觀察估計，兩岸台地退縮南岸約二、三十公尺，北岸以百公尺計。處於山壁穩固之大理岩上設定點，或附近之測量基準點，三角點，定時測量台地崩移的速率。

，約十餘公尺，現僅餘數公尺。白沙橋下亦然，原片麻岩岩體延伸至橋下，現僅剩約一公尺大小。（圖2—6）

3. 白楊瀑布下方橋下

此處為厚層石英片岩，形成小瀑布，今後應記錄河水沖蝕石英片岩高度與寬度之變化。

2.3. 立霧溪的沈積物

2.3.1. 立霧溪三角洲

無論是風化產物，山崩崩落的岩石碎屑，河水沖蝕下來之泥沙、礫石，皆可隨河水向下游移動，河水流速減小時，不能再帶動的泥沙就沈降在河床或低窪之處，是為沈積物。再一次洪水來時，又可能再度攪動沈積物，將其一步一步的帶往下游，最終帶入大海。如果，河流帶入出海口的泥沙量大於沿岸來搬走的量，則在河口生成三角洲。世界上，各大河流之三角洲以細粒的沙或泥為主。立霧溪，和平溪等以礫石為主要組成成分的三角洲是很罕見的。臺灣沿海遍布礫灘，及以礫石為主的三角洲是其特色，尤以東部海岸更為明顯。（圖2-7）

立霧溪三角洲發育良好，外形向海凸出成弧形。因為陸地相對的上昇，在崇德村一帶，老的三角洲受海浪侵蝕成海崖，其下方，新的一級又在生長中。



圖 2 - 6 白 沙 橋 東 北 方 立
霧 溪 轉 向 東 流 之
地 點



圖 2 - 7 三 角 洲 與 沙 灘

河 流 帶 來 大 量 礫 石、泥 沙，沉 積 於
入 海 口，形 成 三 角 洲。

2.3.2. 古河階

太魯閣峽谷地區古河階地分布甚廣，如國家公園管理處，太魯閣入口票亭處，布羅灣臺地，天祥臺地，西寶臺地等多處，皆為厚層礫石構成的臺地。但有些地區之古河階附著於岩壁之上，已侵蝕殆盡。對殘存者應盡量加以記錄，提供未來研究古河道人士之參考。

於錦文橋以東至立霧溪入海口，數級河階清楚的排列是難得的景色。最低一級的河階應與錦文橋橋墩的暴露，河床下切有關，可能只在百年之內或幾十年的時間生成的。

2.4. 其他

立霧溪一帶為臺灣各河川流域交通最為便捷地區，除上述之工作外，更應對河水流速度變化測量記錄，以及立霧溪河水之化學成分泥沙含量等之變化，及感潮之情形提供基本數據。

第三章 地層之標準地點

岩石地層單位 (Lithostratigraphic unit) 是製作地質圖所採用的地層單位。選擇一標準地點 (type locality)，依據野外易於辨視的岩石特徵而定名。岩石地層單位之命名，包括二部分：一為地理名稱，二為主要岩性名稱，或以“層”稱之。例如：“南港砂岩”是以南港為該地層標準地點，該地層的主要岩性為砂岩。南港砂岩當然也包含有一些頁岩。有時岩石地層單位因常包涵不同岩性的岩石因此又僅以“層” (Formation) 稱之。換言之，“南港砂岩”又可以“南港層”稱之。

岩石地層之命名應遵重先著權。一個地區初做地質圖階段，首先命名之地層，應受到後人的遵重，優先採用。國際地層規範小組 (Hedberg, 1976) 有嚴格之規定，不在此重覆。

太魯閣峽谷地區出露之變質岩，因受多次構造運動 (變形作用)，及多次變質作用，即始原有豐富化石，亦必遭受破壞。因此，今日太魯閣以至東部變質岩全區內化石甚為罕見，各岩層之生成順序變得不易判斷。近年，放射性定年工作雖有相當多的成果發表，但因受變質作用中之熱作用。故一些放射性法求得之年齡，僅代表變質年代，或修改了岩石原始生成的年代。因此，目前太魯閣地區地層的生成時代，一直是爭論的交點，尚不能十分肯定。

太魯閣峽谷，自太魯閣至天祥一帶，出露之地層有：開南岡層，溪畔花岡片麻岩，九曲層，天祥層及長春層。除開南岡層之標準產地為開南岡 (今名和仁) 外，其他各地層皆選擇以太魯閣峽谷地區為標準地點 (type locality)。由太魯閣谷口向西依序出露的地層為：開南岡層、長春層、(九曲層)、溪畔片麻岩、九曲層、長春層。

3.1. 長春橋—長春層之標準地點

3.1.1. 命名

長春層之命名，源自陳培源（Chen, 1963）之“沙卡噹大理岩”的下段“長春橋段”，經王執明（Wang Lee, 1982）擴大岩性範圍除薄層大理岩，鈣質石英岩外，並包括綠色片岩、變質基性岩、石英片岩（變質燧石）以及少量硬綠泥岩、變質富錳岩石等。並將陳化之“段”改稱為“層”，並簡化稱為“長春層”。

3.1.2. 標準地點

長春層之標準地點為長春橋附近立霧溪北岸，至立霧溪轉南北向時。

3.1.3. 岩性

出露於長春橋標準地點的岩石種類，以薄互層之大理岩、石英質大理岩、石英岩、鈣質石英岩為主。夾有薄層綠色片岩、變質基性岩，及硬綠泥石岩等。

於野外，長春層最明顯的特徵為上述各類岩石之薄互層，由於深淺顏色不同形成美麗的柔性褶皺（Flow fold）。綠色片岩不發達，有相當厚的變質基性岩。出露於沙卡噹溪（神祕谷），及慈田橋之長春層則有較多之綠色片岩。

3.2. 溪畔—溪畔花岡片麻岩體出露地

3.2.1. 命名

溪畔片麻岩之命名採自陳培源 (Chen, 1963) 沙卡噹地區地質圖。顏滄波 (Yen, 1954) 稱爲得克利片麻岩體。得克利溪爲山地語，今稱之立霧溪。得克利村即今之崇德村，而崇德村出露之片麻岩，顏氏稱爲開南岡南體。爲避免混淆，乃採陳氏之溪畔片麻岩一名。

3.2.2. 標準地點

溪畔花岡片麻岩之標準地點爲溪畔。東自白沙橋片麻岩與大理岩以斷層接觸，西至燕子口以東布洛灣台地之下亦是以斷層與大理岩接觸。

3.2.3. 岩性

溪畔地區花岡片麻岩之葉理不發達，有些類似花岡岩組織 (Granoblastic texture)，偶有含大量包裹體 (enclaves)。

溪畔之花岡片麻岩顏色淺灰，粗粒。礦物成分以斜長石 (鈉長石)、石英、黑雲母爲主。伴隨礦物有綠簾石，綠泥石，楣石，黃鐵礦，鈦鐵礦等。

3.3. 九曲洞—九曲層之標準地點

3.3.1. 命名

九曲層之命名由作者 (Wang Lee, 1976) 提出。九曲層應相當於顏氏 (Yen, 1960) 三錐層之羅宇志相及太魯閣之大清水相中之石灰岩。顏氏認為石灰岩與片麻岩為整接關係，故位於片麻岩之東西二側之石灰岩分別屬於不同時代。今日證明其為斷層接觸，而非整接關係。而片麻岩兩側之大理岩亦有可能為褶皺或斷層關係而重複出現。1976年，國際地層規範小組不採用“相” (facies) 為岩石地層單位，乃決定捨“羅宇志相”名稱。未採用三錐層名稱的理由是作者曾至三錐山，其最高峰為片岩出露，至第二高峰之間，雖有大理岩出露，但屬於綠色片岩成互層之長春層岩石。李春生 (Lee, 1984) 認為應尊重先著權而稱三錐層。看來應由中國地質學會之地層委員會，或中央地調所重做評論。

3.3.2. 標準地點

九曲層之標準地選擇燕子口以西，大理岩以斷層與片麻岩接觸開始，至慈母橋與長春層接觸。此路段約十公里以上。其間不夾任何其他種類岩石。可能因斷層褶皺等作用，使岩層一再重覆，由於缺指示層，故原始厚度無法推測。

3.3.3. 岩性

九曲大理岩爲塊狀，厚層。以方解石大理岩（*Calcite marble*）佔絕大多數，偶有白雲石大理岩（*dolomite marble*）。方解石顆粒較粗，肉眼即可辨視晶體；白雲石顆粒較細，不易辨視晶體。

大理岩常呈深灰，淡灰條紋。色調之深淺多因含碳物質之多寡而定。即使深色部分，方解石純度亦在95—99以上。

3.4. 天祥—天祥層之標準地點

3.4.1. 命名

天祥層之命名首由陳培源（Chen, 1963）提出，包括石英雲母片岩及綠色片岩，後由作者修正天祥層僅指以石英雲母片岩、千枚岩，夾有變質砂岩、石英岩等爲主。將綠色片岩畫入長春層。天祥層又可視爲混同層（*melange*），以片岩爲基質常夾有大小不等之外來岩塊。天祥層約相當於顏氏（Yen, 1960）大南澳片岩分層上之三錐層之公相，與太魯閣層之東澳相，甚至玉里層。

3.4.2. 標準地點

天祥附近自慈母橋以西至迴頭灣、西寶一帶之片岩爲其標準地，其中相當大之長春層岩體，以外來岩塊方式夾雜其中。

3.4.3. 岩性

天祥層爲一混同層 (melange)，其基質以石英雲母片岩，千枚岩，及數公尺至數十公尺厚之變質濁砂或石英岩爲主。外來岩塊有變質砂岩、石英岩外，尚有礫岩。相當於長春層岩性的岩石也常以外來岩塊形式混入，如：變質基性岩，石英片岩（變質燧石）、薄層大理岩等甚爲常見。外來岩體小者以公分，公尺計，大者以公里計。

第四章 變質構造

太魯閣峽谷出露岩層爲變質岩，變質岩特有的柔性褶皺隨處可見。尤其是不同顏色之薄互層表現得更爲美麗。太魯閣地區之另一特色爲斷層分布廣泛。

4.1. 褶皺

當岩層接受應力作用，使岩層產生彎曲或波浪狀的構造即稱之爲褶皺。對於一個褶皺剖面而言，曲度最大的點稱之爲樞紐（hinge），曲度最小（ $=0$ ）的點稱之爲反曲點。若將三度空間上每個點連接起來即成爲褶皺的軸面，軸面可以是一個平面或曲面。描述褶皺的位態，一如描述岩層的位態是以軸面的走向和傾斜來描述的。一般而言，褶皺都發生在地殼下較深的地方，因爲溫度、壓力的增加，使岩體由脆性漸變爲柔性，而易於產生褶皺，特別是本園區，最常見的柔性褶皺是發生在地下較深的地方，岩石可塑性增大，受力而力產生褶皺時，成柔性褶皺或流褶皺（圖4-1）。褶皺面近乎水平時，稱偃臥褶皺（圖4-2）。

4.2. 斷層

岩石、岩層接受應力產生相對位移的作用，稱爲斷層作用，這一破裂面即稱爲斷層面，這個面可以成一平面或者是曲面。斷層可依相對位移的方向和斷層面的位態，分爲正斷層、逆斷層，及平移斷層。不同的斷層是依據斷層面上面的岩層，稱之爲下盤，沿斷層面產生相對運動的方面來判別的。上盤相對於下盤做向下運動即稱爲正斷層，

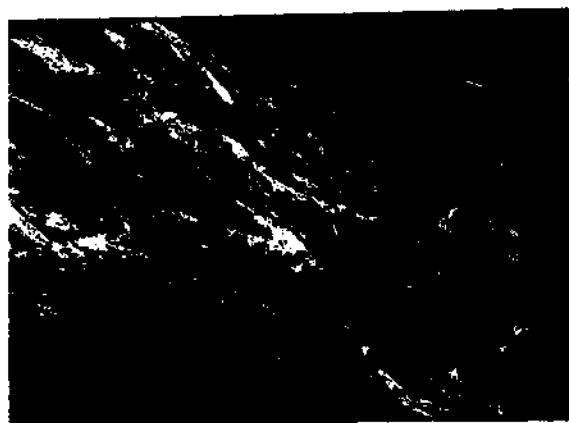


圖 4 — 1 柔性褶皺

由深灰色及白色條紋之方解石大理岩與灰棕色白雲石大理岩形成之柔性褶皺，又稱流褶皺。



圖 4 — 2 偃臥褶皺

長春橋西方，立霧溪轉彎處，公路山壁所見褶皺軸面似乎水平的偃臥褶皺。

上盤相對於下盤做向上運動即稱為逆斷層，當斷層面垂直於地面的斷層即稱為水平平移斷層。此又可因為相對向左的運動稱為左移斷層，反之，則稱之為右移斷層。

太魯閣峽谷地區之斷層，約可分為兩類。與變質作用相關之斷層作用，發生時間可能相當早期，多為逆掩斷層。以長春橋一帶之九曲大理岩與長春層之間的斷層最為明顯（圖4—3）。後期發生之斷層，及近乎垂直，以寧安橋東側所見最為清楚。於九曲洞之西，斷層角礫岩更清楚可見。

當斷層作用發生在地殼深部，岩石可塑性較大，尤其是深斷層，常產生糜嶺角礫岩（圖4—4），磨碎的岩石碎屑凝聚密結（**primary cohesion**），與兩側岩石亦呈密結狀態。若斷層發生在淺處，產生之斷層泥，或斷層角礫岩，則較為疏鬆，受風化作用常留下明顯裂縫（圖4-5，4-6）。有時小斷層更易於辨認斷層的存在。圖4—7中，由大理岩之黑白條紋之不連續，可清楚看到斷層面。



圖4-3 逆掩斷層

長春橋西方，立霧溪轉彎處，河對岸，山腳下，九曲層大理岩以逆掩斷層覆蓋於長春層之薄互層大理岩及綠色片岩之上。



圖4-4 糜嶺角礫岩

華鹿隧道東北方中橫公路旁安通橋與流芳橋之間山壁上，低角度之斷層面上糜嶺化角礫岩，斷層面兩側大理岩及角礫狀大理岩凝聚密結（Primary cohesion）。

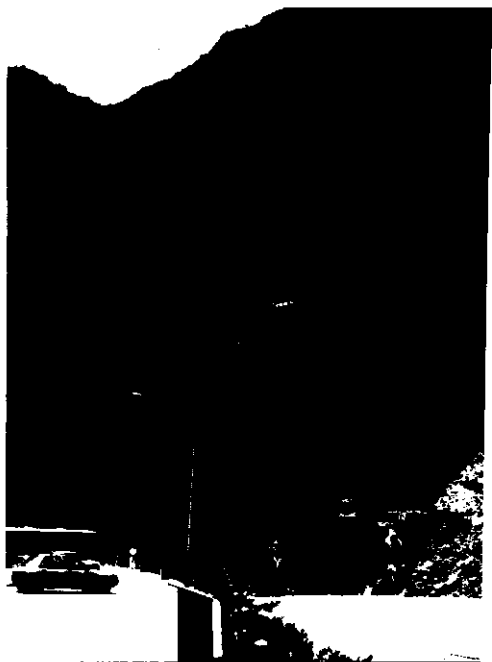


圖 4—5 長春祠北側之高角度斷層

斷層面屬於弱帶，受風化作用，常形成明顯之線狀構造。



圖 4—6 寧安橋東北側

高角度之斷層面。受風化作用結果，斷層面成為明顯裂縫。



圖 4 — 7 高 角 度 斷 層

紋斷此一等理
條的。4 洞紋
白上上圖由於
黑以以（九由
岩個 45° 祠及處頭
大理四在 6）此露
由視角多長，佳
位置辨角，而一過最
間顯傾，小圖。層
之，層位安移較識
中間可面移橋較識
之，層位安移較識
圖之，層位安移較識
不面斷 5）斷楚
的層處 5 地清

第五章 結論

由臺灣附近地震震源位置之投影圖，可明確辨認板塊構造。於東西剖面上可見菲律賓海板塊上覆歐亞大陸板塊；於南北剖面上可見菲律賓海板塊於花蓮以北向北隱沒；兩板塊之縫合線為臺東縱谷。於花蓮一帶板塊之運動方向甚為複雜。所可能發生的地質作用除板塊碰撞發生的斷層（引起地震）外，尚伴隨有地殼上升作用。

自民國三年以來，臺灣開始有全島三角點的第一次測量，至民國六十五年第二次三角點全面檢定，及多次局部地區或特定目的的檢測結果，可以肯定的知道除沿海局部地區外，全島於近百年來上升。由海階高度及定年資料觀之，證明全新世五千年以來也是上升。

花蓮太魯閣國家公園於板塊構造上特殊地位，因此在園區內設置定點，及特定項目之觀測，長期記錄等工作，其成果不僅對臺灣，應對全球的板塊構造運動及伴隨的地質作用提供第一手的資料。建議的工作項目包括：

（一）搜集內政部及聯勤大地測量，水準點檢測資料整理其水平位置，高程之變化。

（二）觀測立霧溪因地殼上升，而引起的急驟的侵蝕及下切作用。立霧溪河谷的自然寬作用亦甚明顯，建議以白沙橋，燕子口，白楊瀑布等定點定期做測量工作。

（三）立霧溪三角洲的成長，新的海階，河階的生長，古河階的消失等變化亦在規畫觀測之項目。

太魯閣峽谷地區爲臺灣東部變質岩地層中，長春層，九曲層，天祥層等之標準地，對其地點及岩性逐項介紹，建議做成解說牌。特殊的變質構造中之褶皺，斷層亦選擇長春橋，寧安橋，白沙橋，慈田橋等地設立解說牌。

參考文獻

- 李春生(1984)台灣立霧溪以北的大南澳群之地層研究：經濟部中央地質調查所特刊，第三號，1至10頁。
- 吳景祥(1984)台灣台東縱谷兩側三角點檢測結果之分析：經濟部中央地質調查所彙刊，第三號，117至131頁。
- 陳佳元(1974)由三角點檢測證實東台灣海岸山脈向北北東移動：台灣省地質調查所彙刊，第二十四號，119至123頁。
- 陳惠芬(1984)從三角點檢測成果見到的台灣的地盤升降：經濟部中央地質調查所特刊，第三號，127至140頁。
- 劉聰桂(1991)台灣地區的碳十四數據回顧與晚更新世以來之地盤升降運動：田野考古，第二卷，第二期，55-60頁。
- Chen, P.Y. (1963) Mineralogy and petrology of the chloritoid rock from Shakatangchi and Loahsichi area, Taiwan: *Acta Geol. Taiwanica*, 10, 11-27.
- Chen, Y.G., and Liu, T.K. (1991) Radiocarbon dates of river terraces along the lower Tahanchi, northern Taiwan: their tectonic and geomorphic implications. *Proc. Geol. Soc. China*, 34, (4), 337-347.
- Hedberg, H.D. (1976) Hedberg, H.D. ed.: *International stratigraphic guide*.
- Liew, P.M., and Hsieh, M.L., and Lai, K.C. (1990) Tectonic significance of Holocene marine terraces in the Coastal Range, eastern Taiwan. *Tectonophysics*, 183, 121-127.
- Liu, T.K. (1982) Tectonic implication of fission track ages from the Central Range, Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 25, 22-37.
- Liu, T.K. (1988) Fission track dating of the Hsuehshan Range: thermal record due to arc-continent collision in Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 26, 279-290.
- Liu, T.K. (1990) Neotectonic crustal movement in northeastern Taiwan inferred by radiocarbon dating of terrace deposits. *Proc. Geol. Soc. China*, 33, (1), 65-84.
- Wang Lee, C. (1976) Gneisses in Chipan area, Hualien: *Sci. Bull. National Science Council*, 8, (6), 4.
- Wang Lee, C. (1982) "The Tananao Schist", reinterpreted: *Proc. Geol. Soc. China*, 25, 5-12.
- Yen, T.P. (1960) A stratigraphical study on the Tananao schist in northern Taiwan: *Bull. Geol. Surv. Taiwan*, 12, 53-66.
- Yu, S.B., and Tsai, Y.B., 1982. A study of microseismicity and crustal deformation of the Kuangfu-Fuli area in eastern Taiwan. *Bull. Inst. Earth Sci., Acad. Sin.*, 2: 1-18.
- Yu, S.B., Liu, C.C. and Kuo, L.C., 1988. Crustal deformation before and after the Hualien earthquake of November 14, 1986. *Proc. Taiwan Symp. Geophys. (Taipei)*, 2nd. *Inst. Earth Sci., Acad. Sin.*, pp.312-323.