

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031724

能不能留住你一月世界泥岩風化侵蝕研究

學校名稱：高雄縣立路竹高級中學

作者： 國二 趙竟評 國二 石鎔毓 國二 陳怡芳	指導老師： 陳光榮 鍾志輝
---	-----------------------------

關鍵詞： 月世界、泥岩、風化侵蝕

能不能留住妳——月世界泥岩風化侵蝕研究

摘 要

本研究發現：水是地表風化侵蝕的主力，太陽（熱）、空氣其次。乾季，脊邊坡偶見以土指為單位風化崩落，脊坡及蝕溝的風化不明顯。雨時，雨水點濺或水化時，合併表面沖溶，以土指為單位沖擊。

實測發現：雨時，蝕溝沖蝕量大於脊邊坡的沖蝕。蝕溝的沖蝕量，在山坡中上段最大。豪大雨時，下段會形成沖積扇。脊坡的沖蝕量最小，豪大雨時有時以較大泥塊崩落。向南脊邊坡，乾季偶見以「泥裂」、「土指」為單位風化崩落。向北坡，乾時更少見風化崩落，雨季沖刷較南坡大。邊坡坡度近 50 度有較大的沖蝕力。

泥岩侵蝕，由「雨水的衝力」、「泥岩表面的坡度」及「泥岩的風化」交互作用。將來我們朝「雨水的強度」、「雨量的密度」方向繼續再作定量研究。

能不能留住妳——月世界泥岩風化侵蝕研究

壹、研究動機：

小時候，父親曾神秘兮兮的告訴我，要帶我到月球的世界一探究竟。受到了「十月的天空」這本書的影響，一直嚮往著阿姆斯特壯的月球之旅能夠成行。所以，我便在父親的帶領下前往「月世界」。它位於田寮鄉古亭村，是台灣罕見的惡地地形。當我看到那幅荒涼的景觀時，便深深愛上她那神奇的景色。幸運的，參加科展研究團隊，我們便下定決心選擇月世界做為這次科展的研究主題。而印象中，月世界的荒涼景色與其土石的崩塌有很大的關係，於是我們便利用實驗室可做到的儀器，簡單設計實驗，嘗試多了解我們的鄉土。

貳、研究目的：

- 一、 月世界泥岩粒徑簡易分析。
- 二、 月世界泥岩風化程度分析。
- 三、 月世界邊坡逕流流速與侵蝕的關係。
- 四、 月世界泥岩崩落或沖蝕能力分析。

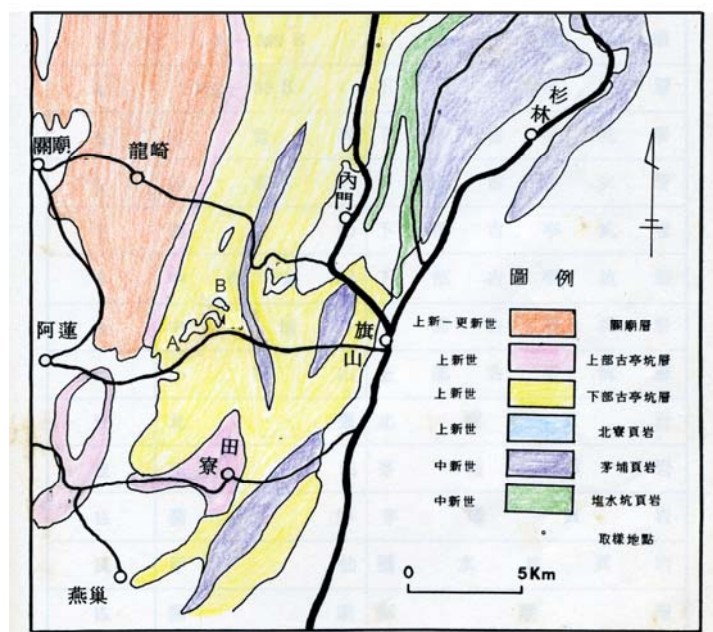
參、研究區簡介：

本研究所稱的「月世界」，位於高雄縣田寮鄉古亭村，地景上少生植被，光禿禿的，有點荒涼。野外實際工作及採樣地為 A, B 兩點，月世界風景區約位於 AB 兩點間，參見圖一。在地層上通稱「古亭坑層」，為台灣西南部的巨厚泥岩系，以惡地地形聞名。學者認為古亭坑層厚約五千公尺，岩層走向北至北北東，向西傾斜 10 度至 80 度，岩層易受沖蝕而形成獨特的惡地。泥岩多不具層理，缺乏沉積構造，岩性單調，有時夾有薄層一至數公分的黃褐色風化砂岩，泥岩中有少許碳酸鈣。(整理自：何春蓀 1985)

鍾廣吉根據化石產狀及保存狀態認為上部古亭坑層（鍾稱為崎頂層的岡林段），沉積在瀉湖。另胡忠恆與陶錫珍根據下部古亭坑化石的生態與產狀，認為沉積環境應為水深大於 200 公尺，半封閉式，平靜的海灣，環境裡缺光、缺氧、且鹽度高。(林宗儀 1990)

古亭坑地區氣候如南部，乾溼季分明。地區年雨量平均近 1845 公釐，但變異度大。(1980 只有約 700 公釐；2001 卻接接近 3800 公釐) 雨量集中於 5-10 月，佔全年雨量近九成，冬季少雨，晝夜溫差大。而夏季雨量亦集中於梅雨，颱風過境幾天及不定期的午後雷陣雨。

外觀上，裸露地坡度多為 35-50 度之間（李元富 1985）。蝕溝坡腳穩定約 30-35 度，雨季，地面泥漿與地面穩定角約 10 度。



(圖一) 本研究區交通及地質圖 (改繪：劉裕聰，1985)

肆、研究過程：

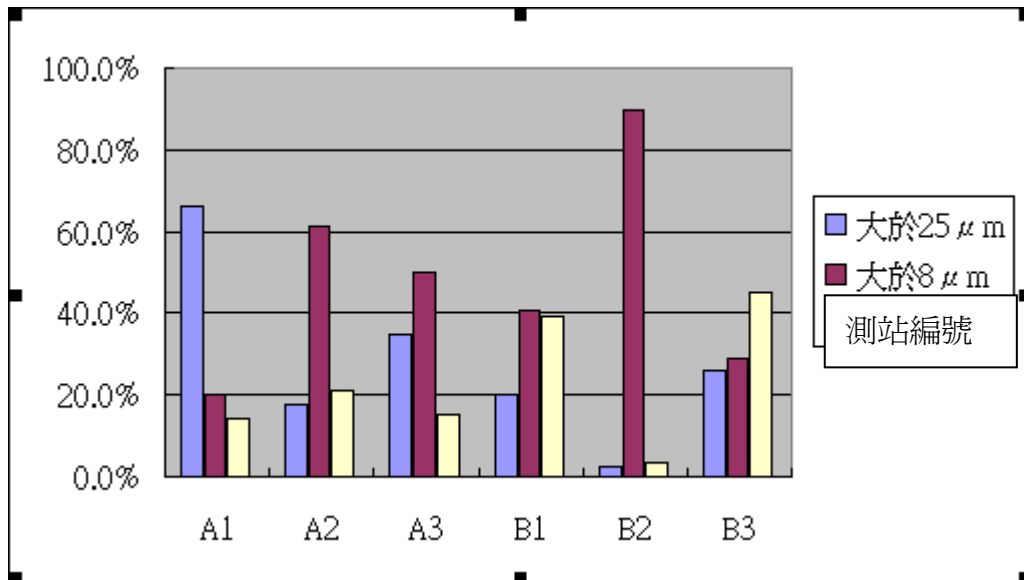
- 一、 月世界泥岩粒徑簡易分析：我們取研究區六塊標本（台電古亭高幹 216-1，A1、A2、A3；台電茅草山高分 27，B1、B2、B3，位置見圖一），泡水四小時去膠結，利用溶解過濾法，分別以孔徑 $8\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 之濾紙做多次沖篩，烘乾濾紙並秤取質量，求取質量差值，作粒徑分析，研究步驟如附錄二。
- 二、 月世界泥岩風化程度分析：研究區取約「節理」長寬厚之泥岩塊 20 塊（高雄客運月世界站牌附近，即台電古亭高幹 216-1；取向南、向北坡及表、內層各 5 塊），稱質量置於水槽中，分別泡水 15 分鐘、30 分鐘、60 分鐘、120 分鐘、180 分鐘，每塊取出後，自然風乾三小時，以毛刷均勻輕輕去除表面「水化」之泥土，秤取每塊殘留泥塊質量作分析。
- 三、 月世界岩層邊坡逕流流速與侵蝕的關係：擇定較均勻不同蝕溝坡度五種（盡量清除溝底的風化小泥塊）、與脊坡三種分別以自由傾倒（20 公升水桶，水高約 40 公分，水管口徑約 2 公分虹吸）的水流測量流速。第二次以第一次已溼潤的蝕溝再沖水實驗。水下沖時，同時定性觀察水流侵蝕情形。
- 四、 月世界泥岩崩落或沖蝕量分析：擇定一邊坡（台電古亭高幹 216-1），分別就蝕溝、脊坡、脊邊坡（向南、向北），從上而下約每隔 50 公分釘一鋼釘（長約 14.5 公分），每直排 6 支鋼釘，釘於泥裂或節理面中央。每橫排盡量對齊，擇一定時間觀察測量鋼釘出露情形，觀察乾溼季崩落或沖蝕的情形。

伍、研究結果：

- 一、 月世界泥岩粒徑簡易分析：

〈表一〉月世界泥岩粒徑分析表

標本	A1	A2	A3	B1	B2	B3
粒徑大小						
淨重 (g)	15.18	16.38	20.84	18.02	21.32	20.14
大於 $25\mu\text{m}$ (g)	10.02 66.0%	2.86 17.5%	7.22 34.6%	3.64 20.2%	0.56 2.6%	5.24 26.0%
大於 $8\mu\text{m}$ (g)	3.02 19.9%	10.06 61.4%	10.46 50.2%	7.32 40.6%	19.16 89.9%	5.82 28.9%
小於 $8\mu\text{m}$ (g)	2.14 14.1%	3.46 21.1%	3.16 15.2%	7.06 39.2%	0.70 3.3%	9.08 45.1%
特徵描述	深灰色 內層	青灰色； 向南坡	黃土色 向北坡	青灰色；	褐色； 蝕溝之泥 裂	青灰色； 部分成深 褐色碎屑 堆於邊坡



〈圖二〉月世界泥岩粒徑分析圖

觀察結果與討論：

- (一) 月世界岩層既以「泥岩」命名，其沉積物顆粒粒徑為 1/16~1/256 mm (約 63 μm ~4 μm)，比對前人的研究：粉土 (2~ 74 μm) 佔 55.8%，粘土 (< 2 μm) 佔 43.0% (劉裕聰, 1985)。本實驗結果大致吻合，如表一圖二。但我們在野外實驗觀察中，岩層中常有氧化鐵夾層；偶有白色小顆粒結晶，經溶解滴定為氯化鈉 (泡完泥土靜置的水，以硝酸銀檢驗。) 岩層中偶而可撿食貝殼或碳酸鈣遺骸，以鹽酸檢驗岩塊標本也會冒出少量氣泡 (經檢驗為二氧化碳)，故可再確認為「古淺海相沉積」。
- (二) 傳統實驗室用「濕式篩選法」做粒徑分析。本次實驗我們用「濾紙」作為篩網，一來本校沒太多經費購置設備，而且泥岩顆粒很小，再者此一簡便的實驗，為本校學長創意方法，在實驗室即可完成，我們加上初步以 1 mm 網目之篩網先行過濾。選取 8 μm 、25 μm 的孔目，主要是嘗試在細分顆粒大小細分三階段。惟大量的沖水是否導致濾紙網目的破壞。濾紙烘乾的程度認定，也是本實驗的誤差主要原因。
- (三) 參考附錄一學者的研究，粒度在砂以下含泥與粉砂 (即沉積物粒徑在約 0.1mm 以下)，侵蝕及搬運所需的水流速約 20 cm/S。故本研究過程三野外實際沖水實驗，或岩層中偶夾有砂粒，就水流速的影響而言可視為均勻之性質。
- (四) 在野外觀察，月世界岩層中夾有薄層一至數公分的黃褐色風化砂岩，如照片一。其成分應為氧化鐵，為砂岩中含鐵礦物與空氣 (氧和水) 風化的結果。所以，本階段實驗採樣，盡量避開此一風化層，取顏色較均勻的部份。



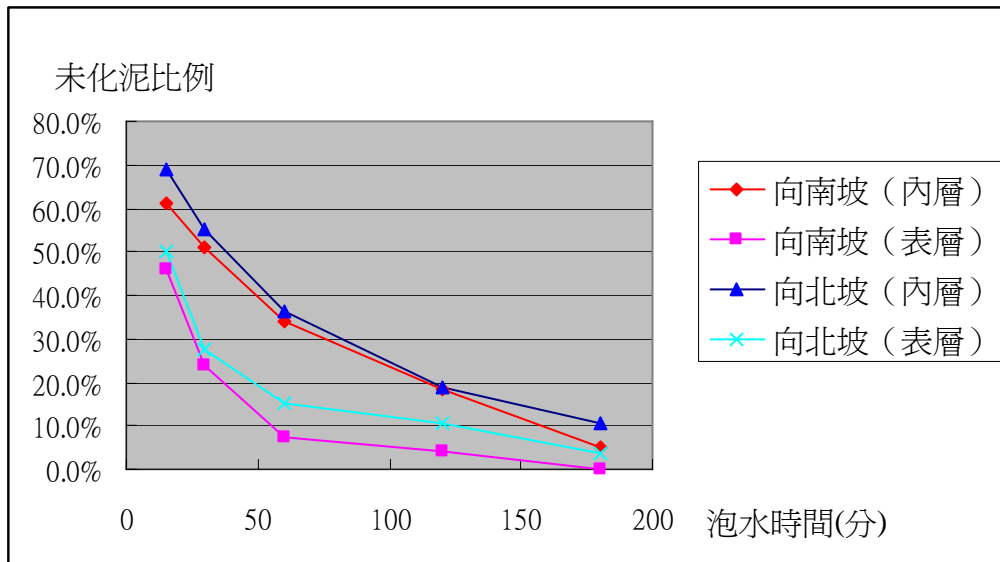
(照片一) 月世界岩層中夾薄層風化砂岩

二、 月世界泥岩風化程度分析

〈表二〉月世界泥岩水化實驗紀錄表

泡水時間	15 分	30 分	60 分	120 分	180 分
向南坡 (內層)	270 165 (61.1%)	307 156 (50.8%)	323 110 (34.1%)	355 65 (18.3%)	390 20 (5.1%)
向南坡 (表層)	310 143 (46.1%)	270 65 (24.1%)	266 20 (7.5%)	250 10 (4.0%)	287 × (0.0%)
向北坡 (內層)	565 390 (69.0%)	533 293 (55.0%)	540 195 (36.1%)	660 125 (18.9%)	520 55 (10.6%)
向北坡 (表層)	411 206 (50.1%)	510 140 (27.5%)	420 63 (15.0%)	380 40 (10.5%)	448 17 (3.8%)

說明：每欄上下數字為泡水前後標本質量（單位：克） 採樣時間：97.1.19.
（括弧內）為泡水後標本剩餘量換算百分比



（圖三）月世界泥岩水化實驗泡水時間與剩餘百分比統計圖

觀察結果與討論：

- （一）我們採泥塊時發現：表面「泥裂」非常明顯，「解理」不易辨認，相較之下，裏層「解理」較為明顯，雖約有三組方向，但不太規則。（同組之間距差距大，有時不連續）。所以本實驗採泥塊時，表層以實際暴露大氣中之節理塊（土指）為單位，裏層盡量剝落表層之節理塊討論。
- （二）經由實驗驗證，我們發現：月世界泥岩膠結程度比我們想像的差，表層泥塊在泡水一小時之後，大致均以「化泥程度」均達 85% 以上；而內層泥塊雖然一小時「化泥」的比例約為 65%，無論向南坡、向北坡相差不大，如表二圖三。在實際風化侵蝕的觀察，當每次下雨時，初雨應為表層吸收，部分沿泥裂面、節理面隙，向下逕流，再匯流蝕溝，沖刷向下，並不是如本實驗為連續泡水。但是如果在雨季，尤其連續降雨的情形，本實驗可作為泥岩風化侵蝕之參考。

- (三) 原本以向南、向北坡分別採樣，是因十月至隔年三月為南部乾季，我們推測表層的風化程度應該受陽光直射有關，因為台灣南部冬季太陽的視軌跡為中天偏南（冬至正午，太陽位於子午線偏南近 47 度），參考附錄三。不過，就我們的水化實驗，約可看出此一論點，後面伍-四-（三），從野外鋼釘風化侵蝕實測也有另一討論。同方向脊邊坡，內層還是較不易風化，代表空氣也是風化作用的因子之一。不過，就實驗觀察，水還是岩石風化作用的主要因子，太陽（熱）、空氣其次，效果遠不如流水。
- (四) 本次實驗浸泡 1 小時以後，向南坡表層已經接近完全化泥崩解，拿出之「泥」，有認定上的困難。本實驗我們以岩石標本疏鬆破碎的比例，來定義泥岩風化的程度。事實上，野外現場風化程度的量測，有認定及實測（時間過短）的困難。但可確定是乾季時偶而見崩落之小泥塊，表層無大規模「疏鬆破碎」的情形，在本研究實驗過程四定期觀察量度鋼釘出露中發現。

三、一月世界邊坡水流速與侵蝕關係。

(一)、蝕溝坡度與逕流流速

〈表三〉蝕溝坡度與逕流流速觀察紀錄表

蝕溝	長度(cm)	第一次(秒)	速率	第二次(秒)	速率
10°	210	24.1	8.71	15.6	13.46
20°	200	21.5	9.30	12.4	16.13
35°	220	17.8	12.36	11.2	19.64
50°	200	12.1	16.53	6.8	29.41
65°	240	10.9	22.02	4.8	50.00

速率單位：cm/sec

觀察結果與討論：

1. 原本我們認為，水流是造成泥岩地層侵蝕主要的因素。在沖刷實驗中，我們發現：第一次沖刷（相當剛下雨時段的水量）的速度較慢，我們推論「前鋒水」，多為乾涸的泥塊吸收，至於吸收量多少，擬待另一主題再研究。如果蝕溝中有乾季風化崩落之泥塊（粒徑約 1 公分以上），依此實驗之數據應不足以沖刷蝕溝。如果下雨夠久夠大，蝕溝逕流水流速應該接近第二次沖刷實驗的數據。
2. 參考附錄一，沉積物粒度、水流速度與地質作用關係圖。由實驗一知道月世界泥岩顆粒粒徑多半是 1/16~1/256 mm，經查附錄一要達有效侵蝕搬運水流速須達 20 cm/sec 以上。以第二次實驗數據（蝕溝河道已飽和吸水）觀察，只要雨水夠，蝕溝坡度 35 度以上，逕流速度應該都可侵蝕及搬運泥岩的碎屑。這一發現，也可解釋為何伍-四-（四）觀察到沖積扇坡角之穩定角約 35 度。
3. 從第一次實驗得知，蝕溝坡度在 50 度時，逕流速度接近 20 cm/sec，此一結論代表「新雨」，如果有多餘的逕流流下（代表雨量達一定），則坡度在 50 度時即可侵蝕泥岩。合併前項討論，可印證野外觀察裸坡坡度多為 35-50 度的原因，也說明 伍-四 鋼釘實測中，坡度在 50 度時有較大的沖蝕力。
4. 此實驗的誤差主要為水流初流速度控制不佳，另外在實際得河道中，全程坡度一定並不容易，我們盡量取坡度較一定的蝕溝（河道）。前項討論速度雖未達 20 cm/sec，我們可視為在在連續坡面，當水流從上至接近討論點時，仍具備一

定流速，此時的流速應大於此理想狀況單一坡道河道的實驗值。在現實的狀況，雨點落下有一定的終端速度，比我們此次虹吸有較大的初速。所以，「雨點落地時的速度」（雨水的衝擊力）、「雨量密度」（單位時間內所下的雨量）的研究應該較接近細部精確的研究。

5. 照片三，為茅草山高分 27 處，約 10 年前建商整地準備蓋別墅（後因故放棄），至今泥岩侵蝕地形發育面貌。上游坡度約 5 度，表面多逕流，成樹枝狀水系，已略見脊坡、脊邊坡，坡度較平緩處，可見氾濫平原及曲流（可實際觀察凹岸的侵蝕），見圖左。圖中，中游坡度約 35 度，圖中明顯可見曲流，部分為差異侵蝕的結果，河床可見「V 型谷」，推論上游水量已累積一定程度，造成相當侵蝕力，有些地段可見河階地，此為兩截斷河流侵蝕力不同，在原河床造成的。下游已見很深的「V 型峽谷」，代表河流下切力量很大，反倒側向侵蝕不大。這與一般河流的侵蝕地形，上下游顛倒，這是因為當初整地平台，水逐漸往下流的緣故。此地可說是一絕佳之鄉土教材及自然教室，因為這好像將河流侵蝕地形時間壓縮加速，更利於學習者觀察。



（照片二）茅草山天然泥岩侵蝕小地形觀察圖。可見曲流、河階、差異侵蝕、渦流痕跡。



（照片三）茅草山天然泥岩侵蝕地形觀察區圖。左中右 為 上中下游。

（二）、脊邊坡沖水實驗侵蝕定性描述與流速之討論



〈照片四〉雨後自然風乾岩層表面照片 左：土指小地形 右；泥裂



〈照片五〉脊邊坡角度沖水水流紀錄圖

圖片說明：左上、右上、左下為脊邊坡 15 度、35 度、50 度沖水軌跡圖。
右下 劇烈下切近乎崩塌之河床側坡，接近垂直。

觀察結果與討論：

1. 脊邊坡在雨後自然風乾出現土指小地形，在乾季偶見以土指為單位風化崩落。而雨水在點濺或水化時，合併表面沖溶，多以土指為單位沖擊。而泥裂出現於坡度較平緩的脊邊坡、蝕溝底，為搬運作用沉積產物，見上照片四。
2. 雨水在脊坡表面大致隨機漫流。原本我們找了五個不同角度的脊坡做沖刷流速實驗，就現場觀察，水流大部分沿著泥裂面、解理隙或向下或向裡層滲入，不易觀察流過軌跡的測量，所以我們捨棄此數據的討論，見照片五。但從此實驗確認我們此項設計的必然。泥岩表層的侵蝕，是由「雨水的衝力」及「泥岩的風化」交互作用。

四、 月世界泥岩崩落或沖蝕量分析：

〈表四〉月世界泥岩崩落或沖蝕量紀錄表

測點	種類/坡度	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
C1	蝕溝 / 65	2	3	0	0	0	5	5	0	10	20
C2	蝕溝 / 55	2	13	2	5	3	20	10	0	15	25
C3	蝕溝 / 45	2	10	2	2	3	15	5	0	15	55
C4	蝕溝 / 35	0	5	0	0	0	5	0	2	5	15

C5	蝕溝 / 30	0	3	0	0	0	3	3	0	0	-10
C6	蝕溝 / 25	0	2	0	0	0	-2	0	0	-5	-25
D1	脊坡/55	0	0	3	0	0	0	5	5	0	10
D2	脊坡/45	10	2	0	0	3	3	30	0	0	10
D3	脊坡 /45	0	5	0	2	15	5	5	5	10	45
D4	脊坡/35	5	5	0	2	0	3	0	0	3	15
D5	脊坡/30	0	2	0	3	0	3	0	0	5	20
D6	脊坡/30	0	0	0	2	0	0	0	0	5	10
E1	脊邊坡/45	5	2	0	2	3	3	5	5	10	5
E2	脊邊坡/50	3	13	0	2	5	20	10	0	45	30
E3	脊邊坡/45	3	8	2	2	10	13	10	0	10	25
E4	脊邊坡/45	3	8	0	2	2	5	5	5	20	40
E5	脊邊坡/45	0	2	2	2	0	3	3	3	10	20
E6	脊邊坡/35	0	2	0	0	0	3	0	3	5	-5
F1	脊邊坡/65	0	10	0	3	0	3	10	0	5	15
F2	脊邊坡/50	0	3	0	0	0	3	20	5	30	30
F3	脊邊坡/45	5	0	0	3	0	2	5	10	15	20
F4	脊邊坡/40	0	2	2	2	2	3	10	3	5	5
F5	脊邊坡/45	0	3	0	2	0	3	0	0	10	5
F6	脊邊坡/35	0	0	0	0	0	2	0	0	5	-10
量取 區間	E 向南坡 F 向北坡	2007 11.15 12.27	2008 1.19. 1.31	1.31. -2.7.	2.7. -2.28.	2.28 -3.22	3.22 3.29	3.29. -4.12.	5.10 -5.25.	5.25. -6.10	6.11 -6.16
備註	日期/雨量	×	1.26./ 2	2.3./2 2.4./6	2.24./ 7	×	3.24./ 27	4.9./ 15	×	6.4./ 37	6.14./ 95
			1.27/ 15		2.25./ 3		3.25./ 1	4.11./ 7		6.5./ 48	6.16./ 157

單位： 邊坡種類/度 內欄中為鋼釘出露之高度（mm）

觀察結果與討論：

- （一）經實測發現，蝕溝在乾季沖蝕量不大（時段一、三）。下雨時，沖蝕量大於脊邊坡的沖蝕。流水的沖力部分用於搬運脊邊坡沖下的泥塊或泥水。另就數據（C1~C6）發現蝕溝的沖蝕量，在山坡中上段最大，接近地面較小。
- （二）脊坡的沖蝕量最小（見 D1~D5），乾季時風化非常不明顯，而雨水的沖蝕也不大。我們推論原因，應該是雨點有效的沖擊面積不大，而且雨水少部分吸收，多數沿著脊邊坡流下。
- （三）我們發現向南的脊邊坡的沖蝕量較大（見 E1~E6）。乾季時偶見風化崩落，如表（E2、E3），崩落以「泥裂」、「土指」（連基塊）為單位。雨時視坡面有效雨濺力有關。我們發現坡度約 50 度左右有較大的沖蝕力，我們推論此一角度的脊邊坡，除了雨滴有

效的雨濺面積大，雨水沿解理面、泥裂面、土指緣，或內或外，導致沖蝕有時成塊狀。向北坡（見 F1~F6），乾時更少見風化崩落，雨時沖刷亦較少，我們推測應該乾季向北坡幾乎不見陽光，故風化程度略小於向南坡。而隨著時間經過，夏季時，向北坡（E2、E3）應該風化較南坡明顯。如右照片六。



（照片六）乾季脊邊坡土指泥塊崩落的情形>

（四）縣賽結束，我們利用再補做雨季的沖蝕觀察。我們發現時段九、十，無論蝕溝、脊坡、脊邊坡，都有較多的沖刷量，此一結果再次驗證流水是地表侵蝕的主力。由時段七至九，我們發現向北坡相對乾季有較大的風化侵蝕，應該是漸入夏季，太陽方位角多偏至北方，時段七、九的雨水對較鬆軟的北坡有較明顯的沖刷；時段八雖無雨量紀錄，但發現向北坡已較南坡有明顯的風化。時段十豪大雨的時候，我們發現脊坡、脊邊坡，沖刷量很大，特別是中段山壁，甚或以整塊崩落（約以節理塊），整面山壁或化為泥漿滑落（小面泥流），沖刷量如表四，實景如照片七，此時雨水的效應較強，看不出兩向坡的差異。反倒蝕溝的沖蝕量不如預期，應是雨水點濺侵蝕的有效面積較小，塊狀崩落暫堆或泥水夾帶泥塊流下，使流水侵蝕力不如乾季時陣雨效應突顯。蝕溝坡腳沖積扇的穩定角略高於乾季約為 35 度上下，堆積物多為以節理崩落或沖蝕的泥塊，粒徑（邊長）多以公分以上。與地面接觸處的「沖積平原」，坡度 5-10 度，多為泥水夾帶而成。見照片八。



（照片七）豪雨時泥岩地表沖刷正視圖



（照片八）左：山坡坡腳崩落或沖蝕的礫泥塊堆積
右：礫泥塊堆積下方與地面接觸的沖積平原及泥流

- (五) 我們利用梅雨 6.14.豪大雨傍晚(時段十)做現場觀察。雨勢最大的一小時內累計近 27mm 的雨量。雖然是豪大雨，但如果討論瞬時的雨水衝量，也許能更準確了解沖蝕力。另一種思考，發生於 2008.2.3.、2.4.，這二天毛毛雨連綿，累積雨量雖不大，但將脊邊坡浸濕，我們幾天後去量測的時候，發現略為鬆軟，孔隙率較大，但判定有點難。我們思考雨水的影響，是否先行以雨水點濺侵蝕，伴隨上部的逕流「泡軟」泥岩，以塊狀崩落或先吸水再以泥水流下。雨季時，我們可以參考雨點的終端速度 2-5 m/s，配合「雨量密度」(單位時間內下雨的多寡)，比對此方法，或許可以找出更精確的沖蝕量。
- (六) 如果長期觀察，我們可嘗試將山壁面積乘以沖蝕量約略可估出「土方侵蝕面積」，再將雨量統計，討論因變關係，配合氣象局的豪大雨特報，也許可以歸納理出一個泥流預報模式。
- (七) 就雨水對泥岩的沖蝕，我們只能雨停後等泥濘稍乾才能前往現場測量。事實上，就實際現場觀察：「雨水的強度」(雨滴的撞擊力)、「雨量的密度」(單位時間的降水量)可能才是泥岩邊坡侵蝕研究定量的主要因素。關於「雨水的衝力」我們可望交棒下去，以模擬雨水的粒徑、終端速度、雨量密度三項變因再研究。

陸、結論與展望：

- 一、泥岩沉積物顆粒粒徑為 1/16~1/256 mm (約 $63 \mu\text{m}$ ~ $4 \mu\text{m}$)，本實驗結果大致吻合。在野外實驗觀察中，岩層中常有一至數公分氧化鐵夾層，偶有為氯化鈉、碳酸鈣遺骸，故可再確認為「古淺海相沉積」。
- 二、月世界泥岩膠結程度不佳。表層泥塊在泡水一小時之後，大致「化泥程度」均達 85% 以上；內層泥塊雖然一小時「化泥」的比例約為 65%，無論向南坡、向北坡相差不大。乾季向南坡表面風化程度略佳，與陽光直射有關。內層則兩向坡相差不大。
- 三、根據蝕溝水流速度觀察，只要雨水夠，都可侵蝕及搬運泥岩的碎屑。脊邊坡在乾季偶見以土指為單位風化崩落。雨水在點濺或水化時，合併表面沖溶，多以土指為單位沖擊。而泥裂出現於坡度較平緩的脊邊坡、蝕溝底，為搬運作用沉積產物。雨水在脊坡表面大致隨機漫流。水流大部分沿著泥裂面、解理隙或向下或向裡層滲入。
- 四、經實測發現，蝕溝在乾季沖蝕量不大。雨時，沖蝕量大於脊邊坡的沖蝕。蝕溝的沖蝕量，在山坡中上段最大，接近地面較小，豪大雨時甚或堆積沖積扇，穩定角約 35 度。脊坡的沖蝕量最小，乾季時幾乎不見風化，雨水的沖蝕也不大，豪大雨時有時以較大泥塊崩落。向南的脊邊坡，乾季乾季時偶見風化崩落，崩落以「泥裂」、「土指」(連基塊)為單位。雨時坡度約 50 度左右有較大的沖蝕力。向北坡，乾時更少見風化崩落，雨時沖刷也較少，但夏季的風化崩落，雨時的沖蝕力反比南坡略高。豪大雨時，表面山坡或整面水化成泥漿而滑落。
- 五、泥岩表層的風化侵蝕，由「雨水的衝力」、「泥岩表面的坡度」及「泥岩的風化」交互作用。水量與水流速是重要考量因素，將來我們可能朝「雨水的強度」、「雨量的密度」等方向繼續泥岩邊坡侵蝕定量的研究。

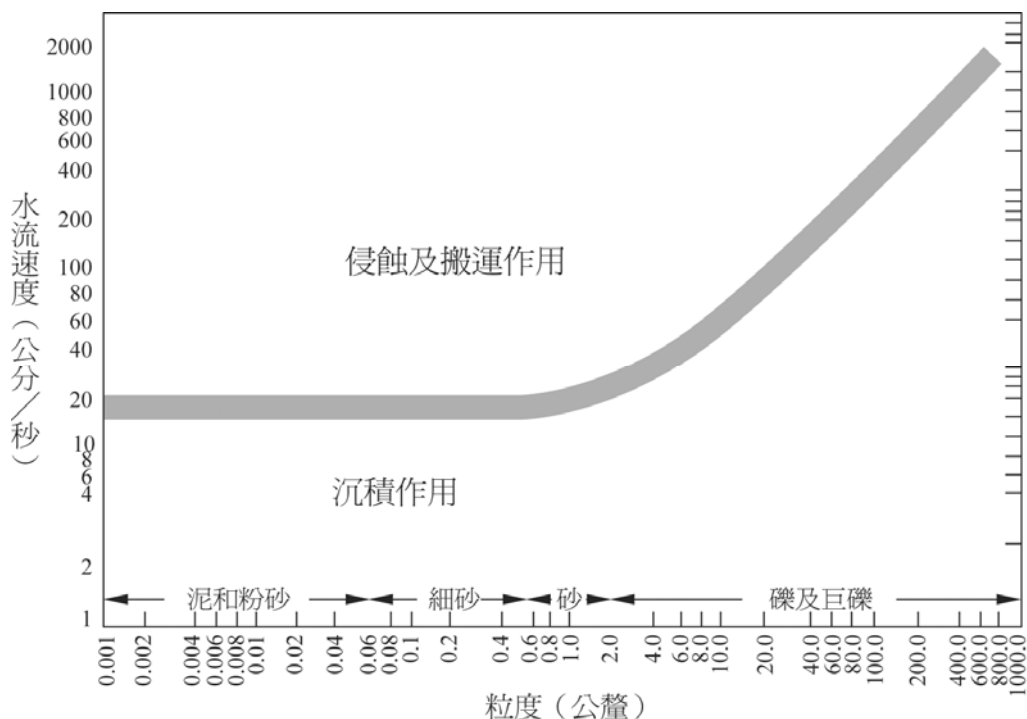
捌、參考資料及附錄：

一、參考資料

- (一) 毛松霖 (民 90)。《高級中學物質科學地球科學篇》上冊。臺中市：大同資訊出版社。43-44，46-49，51-56 頁。
- (二) 劉廣定 (民 90)。《國民中學理化》第一冊。台北市：國立編譯館。157-159 頁。
- (三) 何春蓀 (民 85)。《普通地質學》。台北市：五南出版社。頁 73-74。
- (四) 李通藝 (民 94)。《基礎地球科學》。台中市：康熹出版社。頁 33。
- (五) 林宗儀 (民 79)。《台灣南部古亭坑層中砂岩之沉積學》。
國立中山大學海洋地質研究所碩士論文，未出版，頁 3。
- (六) 李元富 (民 74)。《南化泥岩坡地沖蝕特性之研究》。
國立成功大學礦冶及材料科學研究所碩士論文，未出版，頁 3。
- (七) 劉裕聰 (民 74)。《台灣西南部地區泥岩崩解特性與物化關係之研究》。
國立成功大學礦冶及材料科學研究所碩士論文，未出版，19、20、28 頁。
- (八) 何春蓀 (民 75)《台灣地質學概論 台灣地質圖說明書》增訂第二版。台北市：經濟部中央地質調查所。99-100 頁。
- (九) 徐雅婷等 (民 91)《月世界侵蝕地形研究》。
第四十二屆中華民國科學展覽會國中組地球科學科，未出版。
- (十)〈台灣四季太陽仰角與方位圖說〉中央氣象局，天文百問，三、天文觀測篇 2008.6.16。
取自：http://www.cwb.gov.tw/V5/education/knowledge/Data/astron/astron_all.htm
- (十一)〈利用微波降雨雷達分析颱風雨帶近地面之觀測特徵〉(無日期) 2008.4.28。
取自：<http://www.atmos.pccu.edu.tw/mid/study/study4.htm>
- (十二) 經濟部水利署全球資料網網站及古亭坑雨量站工作人員

附錄一：〈圖四〉沉積物粒度、水流速度與地質作用關係圖。出處：毛松霖 (民 90)。

《高級中學物質科學地球科學篇》上冊。臺中市：大同資訊出版社。43-44 頁。

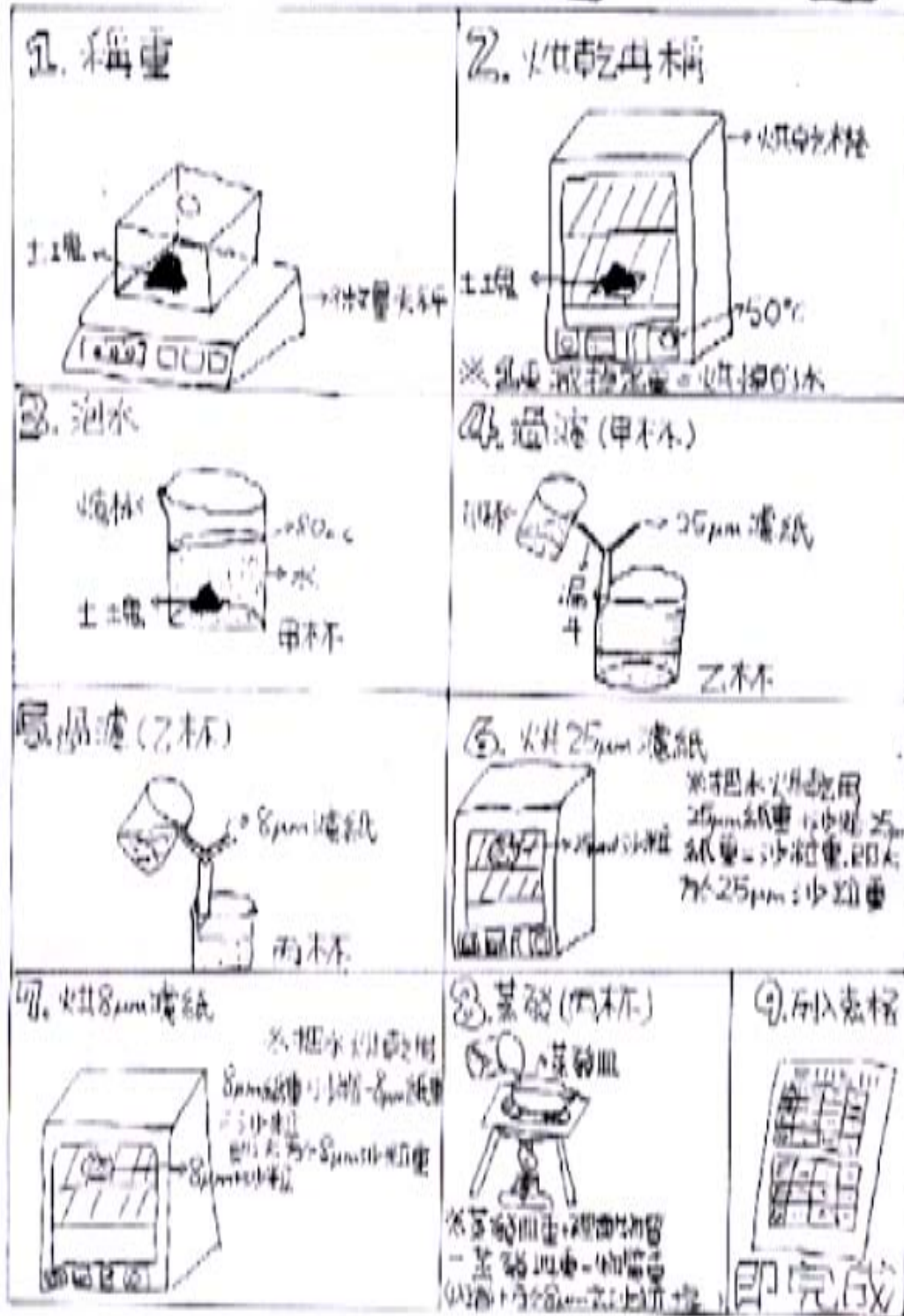


附錄二：〈圖五〉沉積物粒徑分析過程圖 出處：徐雅婷等（民 91）《月世界侵蝕地形研究》。
 第四十二屆中華民國科學展覽會國中組地球科學科，未出版。

粒徑分析過程圖

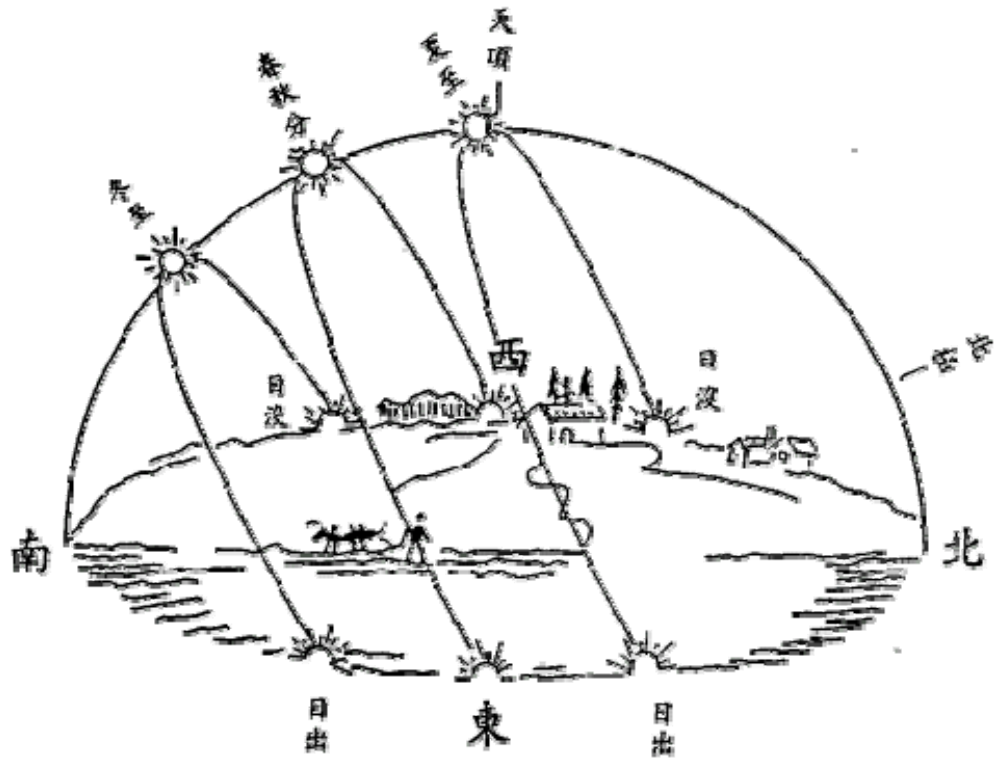
附

錄



三：〈圖六〉台灣四季太陽仰角與方位圖說

取自：http://www.cwb.gov.tw/V5/education/knowledge/Data/astron/astron_all.htm
中央氣象局，天文百問，三、天文觀測篇 台灣四季



臺灣四季太陽仰角與方位圖說

【評語】 031724

優點：

月世界一下雨常成水世界，此研究以此為研究目標，在學術上和實用上都有其意義。

缺點：

數據的分析與探討稍嫌粗略，僅觀察表面現象，未深入探討科學的內涵，附圖亦過於粗略。

粒徑分析的量最多約 21.32 克，取樣太少。

P.2 研究過程二提「解理」與「節理」混用。文中一些用詞須定義清楚。(如土指、水化…)

建議改進事項：

應改進上述缺點。附錄在文中之出現順序，應先出現者，先編號。泥岩之粒徑大部份小於 $4\mu\text{m}$ ，「前鋒水」「新雨」「時段一、二…」須加以說明。