

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

(鄉土)教材獎

080501

農塘變泥塘-夢幻湖不再夢幻

學校名稱：臺南市新化區蔴拔國民小學

作者： 小六 康維真 小五 蔡良德 小五 姚祈宏 小五 沈沂宣 小五 蔡政佑	指導老師： 許崑泉
---	------------------

關鍵詞：泥裂、侵蝕量、土壤液化

摘要

研究發現農塘會變成泥塘，主要是北、東和西邊的地層都非常不穩定，地形陡峭，高度往湖裡遞減，泥岩邊坡的紋溝和泥裂發達，還有小斷層，特別容易發生泥流。農塘西邊山頂的厚層砂岩就有許多蜘蛛網狀的構造，是小斷層的證據。

西邊山頂的厚層砂岩在風化後，由小溪流流到牛埔農塘和埤底溝，因泥砂顆粒稍大，是屬於砂質泥岩，造成的個別泥裂面積也比較大，但泥裂最大深度並不超過1公尺，泥裂下為沒乾的泥漿，計算後發現飽和的泥漿含水量約有17座游泳池。另外，鹽度並不影響泥裂，但影響含水量。泥塘雖沒有土壤液化的潛能，但表層比較粉砂質的泥岩震動後會發生液化。很少見的泥裂崩塌，因受重力的影響，下面的泥漿也出現爆漿的奇妙現象。

壹、研究動機

在去年的一次水土保持戶外教學，我們拜訪了龍崎區的牛埔泥岩水土保持教學園區，發現原本的牛埔農塘(又稱夢幻湖)已被泥砂堆積，原本的山光水色已不再出現，遊客也減少許多。到底是什麼原因造成農塘變泥塘？泥塘的泥裂是怎麼造成的？泥裂的發生都一樣嗎？農塘的泥量和含水量到底有多少？為何會發生泥裂崩塌？農塘的景色有辦法再復原嗎？湖泊裡的泥裂和河流的泥裂有不一樣嗎？

剛開始我們在地圖上尋找牛埔農塘的衛星照片，希望可以知道它原來的面貌，後來又訪問了當地的民眾，知道泥砂淤積早在兩年前就發生，湖底已全部乾枯造成泥裂，這是15年來第一次發生，有沒有辦法再回復原來的面貌？這是我們的疑問，也是當地居民的心聲。

貳、研究目的

- 一、探索牛埔農塘的特殊地景。
- 二、探索「牛埔農塘」為何變成「牛埔泥塘」。
- 三、了解泥裂的發生原因及泥裂的特性。
- 四、比較湖泊和河流的泥裂差異。
- 五、探索泥裂為何會發生崩塌。
- 六、探索泥岩區是否也會發生土壤液化。

參、研究設備與器材

燒杯、培養皿、食鹽、拉鍊袋、鹽度計、各粒徑的篩網、電子秤、塑膠盆、數位立體顯微鏡、水平儀、斜坡量角器、皮尺、測距儀、刷子、鏟子、指南針…等

肆、研究過程與結果

一、文獻探討：

(一)牛埔農塘地質地形

龍崎區牛埔里位於古亭坑泥岩區，地層距今約 600 多萬年至 200 多萬年之間，是中央山脈沖刷下來的泥砂，在海底堆積的泥岩，偶而會發現有夾層砂岩，後來經過造山運動又重新抬升成為陸地，抬升過程也不斷沖刷侵蝕，最後形成今天的月世界地形。

我們查閱「催生龍崎牛埔泥岩惡地自然保留區」網路資料知道牛埔地區在地質教育上有下列特色：

特殊之泥岩惡地形、山崩地滑敏感區、背斜通過及抬升、斷層通過與斷層的破碎帶、區域內水域可見沼氣噴發、斷層泥等。

我們查閱中央地質調查所線上地質圖，整理及修圖得到以下的地圖說明，應該可以更清楚的了解牛埔地區的地質狀況。(如圖 1)

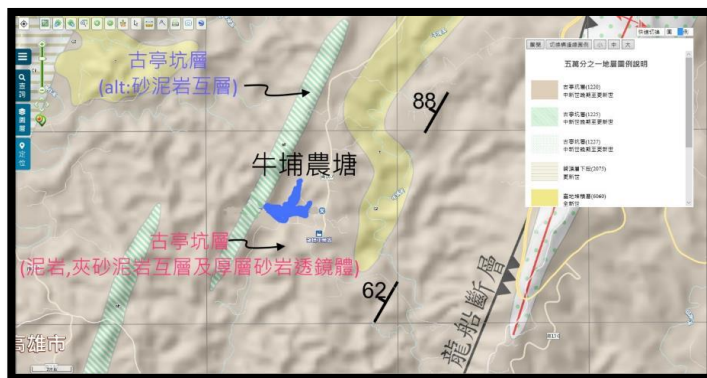


圖 1 牛埔農塘附近地質圖

(中央地質調查所線上地質圖，每一方格邊長為一公里。)

(二)歷屆泥岩或泥裂的相關科展研究結果

1. 臺灣桃園縣虎頭山的泥裂痕的分析和研究(臺灣 2002 年國際科學展覽

會)

研究結論：

- (1)泥地受足夠日照量，使水分降到一定程度，表層脫水就會出現泥裂現象。
- (2)泥裂的形狀、面積與裂寬主要受到黏土成分的收縮性質和土壤的質地影響。
- (3)裂縫延伸到另一粒徑較大的泥質底層就不往下裂，同時上面薄層往往受向泥裂中心作用，而向上翻起。
- (4)泥裂的形狀以四邊形和六邊形居多。

2. 土地龜裂的研究(全國第 47 屆國小組科展)

研究結論：

(1)越厚的泥塊和越大面積的泥塊，形成龜裂的泥塊也越大，裂痕寬度較寬，裂痕口深度也較深。較小體積的泥塊因上下左右比較可以同時乾縮，而不會龜裂。

(2)觀察統計卻是以四邊形和五邊形最多，六邊形反而較少。

3. 能不能留住你-月世界泥岩風化侵蝕研究(全國第48屆國中組科展)

研究結論：

(1)水是泥岩風化侵蝕的主力。

(2)實測發現下雨時，蝕溝的沖蝕量大於脊背坡的沖蝕量，在山坡中上段最大。

(3)邊坡坡度近 50 度有較大的侵蝕力。

4. 泥岩沖刷與地形變化之分析探討(全國第 58 屆國中組科展)

研究結論：

(1)高程越高處(山頂)沖刷能力最強；其次是坡度較陡處。

(2)純泥岩對於沖刷的抵抗能力總是比現地泥岩來得差，推論是因為缺乏有機物質的膠結作用。

(3)沖刷影響最大的依次為：降雨強度>總降雨量>地質組成>坡度與高程。

綜合以上研究，我們發現：泥岩的風化侵蝕主要受降雨影響，坡度較陡會產生較多的沖蝕量。泥岩產生的泥裂與日照、泥岩厚度、面積大小等有關。泥裂形狀以四邊形最多，其次為五邊形及六邊形。

我們學校科學研究小組在最近這幾年拜訪了不少泥岩地區，但我們所發現的不只這些，還有許多新發現，研究方向也不一樣，就讓我們一起走進這個泥岩的不同世界吧！

二、牛埔農塘的實際的地質地形介紹

(一)牛埔農塘現場地質觀察

牛埔農塘四周都是泥岩地形，地形陡峭，北邊山丘較高，其次是西邊和東邊，南邊較低。農塘西邊的山上有較厚的砂岩地層，走近一看會發現許多裂痕交錯(地質名稱叫微構造或微斷層)，泥岩區也出現不少斷層泥。(如照片 1~6)



照片 1 牛埔農塘四週的泥岩地形。



照片 2 牛埔農塘已乾枯見底。



照片 3 泥岩層裡的夾層砂岩。



照片 4 厚層的砂岩有許多交錯的條痕。



照片 5 泥岩層裡的**橫向**小斷層。



照片 6 泥岩層裡的**縱向**小斷層。

根據我們的觀察發現：牛埔農塘已乾枯見底，四周的泥岩地形非常陡峭，而且是北高南低。雖然是泥岩地形，但可以從一些小斷層及斷層泥發現地層是非常破碎的，在大雨來時應該會有很多泥岩被侵蝕沖刷到湖底或更下游的地方。

(二)牛埔農塘現場地形觀察

1. 牛埔農塘的衛星立體圖(圖 2)

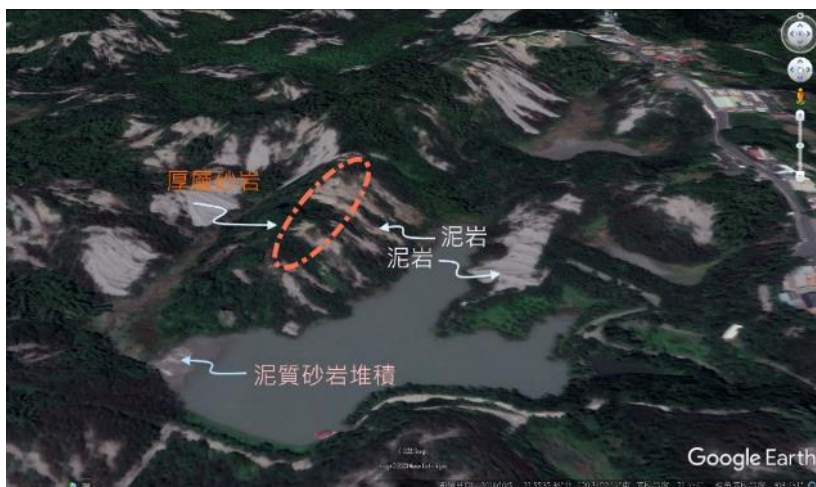


圖 2 牛埔農塘 Google 地球衛星立體圖

2. 牛埔農塘三方向的高度變化圖(圖 3)



圖 3 牛埔農塘三個方向的高度變化圖
(利用內政部地政司衛星測量中心的地圖工具繪製)

根據現場的觀察和地圖測量工具的輔助，我們發現：牛埔農塘四周除了南邊堤防，其他三個方位(北向南，東向西和西向東)高度走向，最低點都是在湖的中心，也是雨水、河水和泥砂的集中點。大壩附近的雨中涼亭，有一排水孔已被大量泥沙堵塞。(照片 7~10)



照片 7 民國 99 年的牛埔農塘還是個夢幻湖。



照片 8 民國 108 年的牛埔農塘已變成牛埔泥塘，水利設施全部消失了。



照片 9 民國 99 年的牛埔農塘的
文昌筆還站立在夢幻湖中。



照片 10 民國 108 年的牛埔農塘的文昌
筆已可靠近，不再那麼遙不可及。

三、「牛埔農塘」為何變成「牛埔泥塘」？

(一)牛埔農塘泥岩地區的降雨量

台灣大學陳宏宇教授說：「侵蝕率的高低，不只跟地質材料強度、斷層分布有關，更與地震、颱風有密切關連。」(參考自網路資料)

牛埔農塘位在台南市龍崎丘陵地區，我們在氣象局網站找到了龍崎區「崎頂觀測站」，自 2013 年設站到現在，我們統計了 2013 年至 2019 年的月平均雨量，用 Excel 繪出如圖 4 的統計圖。

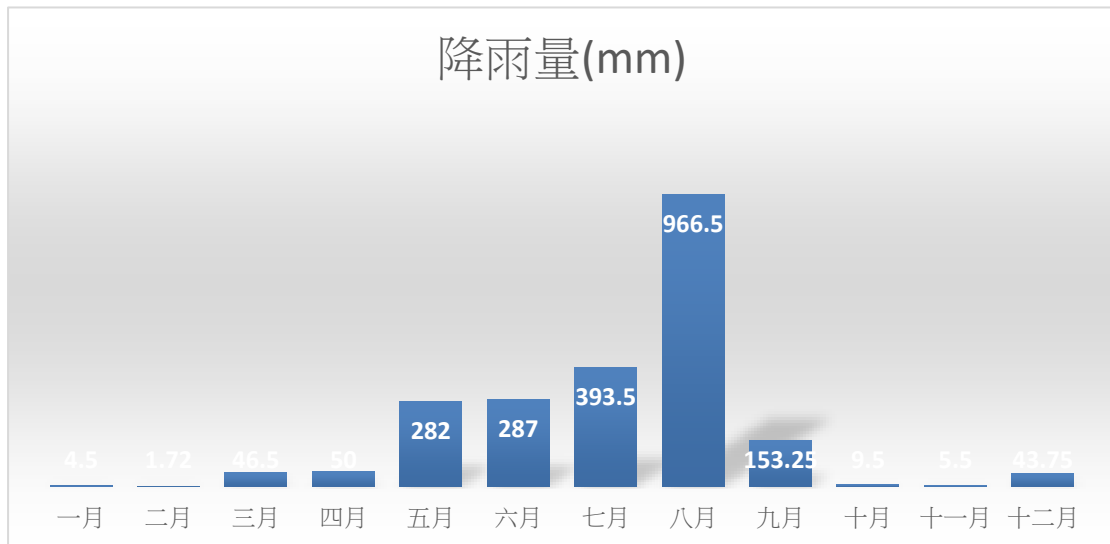


圖 4 台南市龍崎區崎頂觀測站 2013 至 2019 年月平均降雨量統計圖

由以上的降雨量統計，我們發現：

- 1.牛埔農塘的降雨量以八月份最多，應該和颱風季節有關，下雨是湖水的主要來源，但是下太大的雨可能造成嚴重的泥流和湖泊的淤積。
- 2.牛埔農塘最近也在清理淤泥，但他們只挖不到一半，如果要全部挖完，

根據雨量統計圖，我們認為五月以前應該要完成，五月到七月雨季來了就很難施工，到了八月份可能又會發生大量的泥流，在不久的將來也許又形成另一個新的泥塘。(如照片 11~12)



照片 11 兩部怪手開始開挖牛埔農塘的淤積泥岩。



照片 12 泥岩挖完露出古亭坑泥岩層，這是湖泊的底部。可以看到降雨造成泥岩的大量淤積。

(二)調查牛埔農塘區域內泥岩的侵蝕情形

1. 雨溝變蝕溝：農塘北邊和東北邊有許多裸露的泥岩邊坡，現場調查發現雨溝變較大的蝕溝很常見。我們又查閱網路研究論文知道：紋溝(或蝕溝)侵蝕，約占總侵蝕量的 54%，有泥裂的沖蝕量比無泥裂的邊坡高 125%，侵蝕速率快 120%。(如照片 13~16)



照片 13 牛埔農塘的泥岩邊坡可以發現許多蝕溝，侵蝕量應該不小。



照片 14 牛埔農塘的泥岩邊坡在乾季時可以發現許多泥裂，侵蝕量和侵蝕速率都很大。



照片 15 泥岩受雨水侵蝕後形成泥流或泥塊流。



照片 16 大雨後的泥塊流移動到湖泊或河流將造成泥岩淤積。

2. 地形陡峭也是造成容易泥流的原因

泥岩的邊坡遠看像倒V字形，主要有三個邊坡面(邊坡脊部、邊坡側面和倒V溝谷)可以測量傾斜角度(如圖5)，我們利用水平儀量角器在牛埔農塘北側和東北側分別測量及記錄，傾斜角度整理如表1和表2。實地測量情形，如照片17~21。

泥岩地形的斜坡測量部位名稱說明：

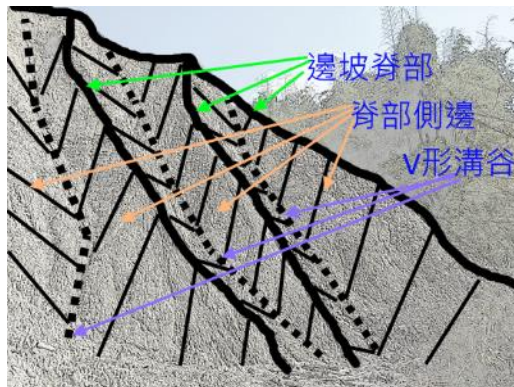


圖5 泥岩地形邊坡名稱示意圖。



照片 17 V形溝谷測得傾斜角為40度。

表1 東北邊泥岩邊坡傾斜角度實地測量分析

	地點1	地點2	地點3	地點4	地點5	地點6	平均
邊坡脊部	55°	51°	52°	54°	57°	53°	53.67°
脊部側邊	56°	53°	55°	57°	58°	56°	55.83°
V形溝谷	52°	45°	38°	51°	40°	43°	44.83°

表2 西北邊泥岩邊坡傾斜角度實地測量分析

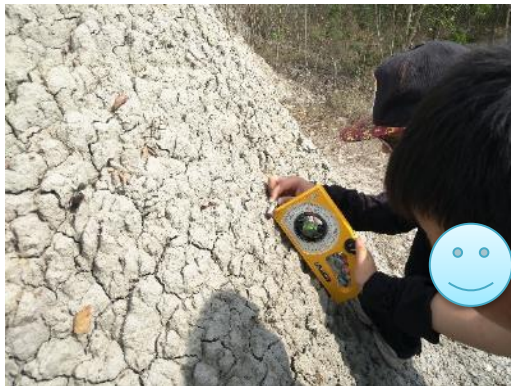
	地點1	地點2	地點3	地點4	地點5	地點6	平均
邊坡脊部	53°	56°	55°	52°	54°	53°	53.83°
脊部側邊	54°	55°	56°	56°	54°	57°	55.33°
V形溝谷	48°	46°	53°	49°	44°	50°	48.33°



照片 18 東北邊坡脊部測得傾斜角為 53 度。



照片 19 東北脊部側邊測得傾斜角為 57 度。



照片 20 西北邊坡脊部測得傾斜角為 52 度。



照片 21 西北脊部側邊測得傾斜角為 54 度。

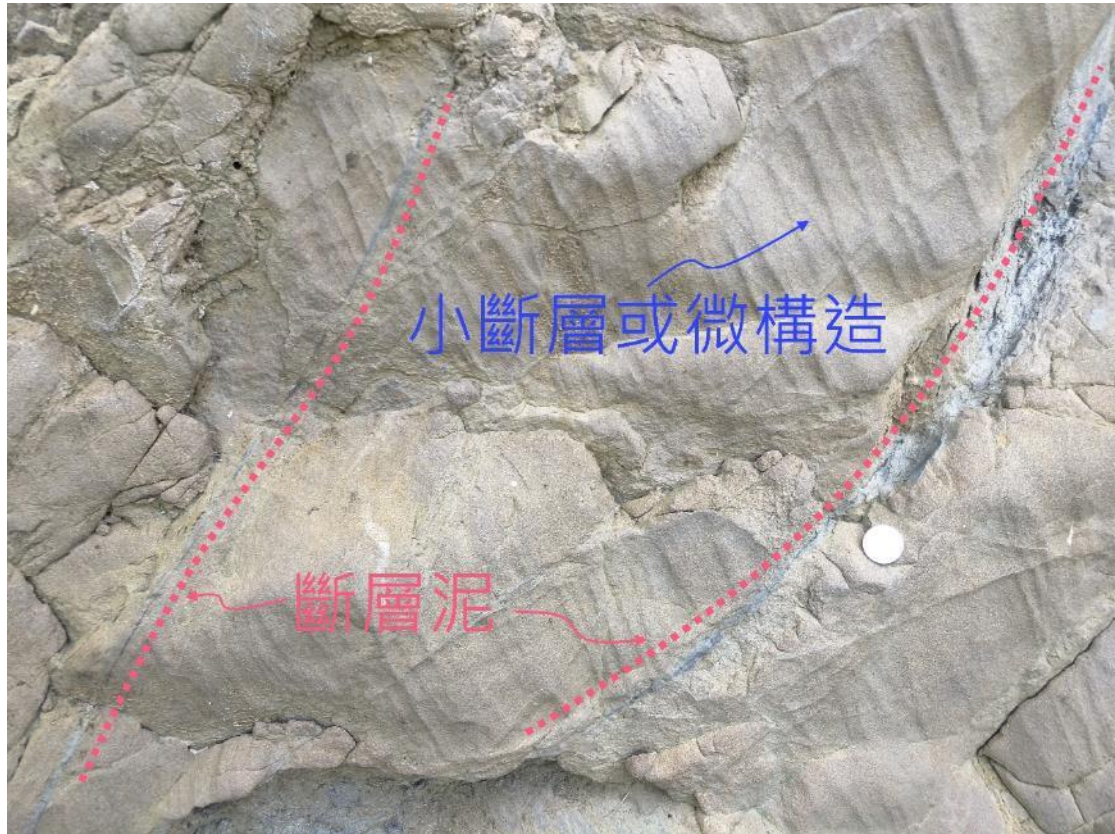
經過我們實地的調查和測量，我們發現：

- (1) 泥岩邊坡在三個部位的傾斜角都很大，邊坡脊部和邊坡側邊的平均都大於 50 度角，V 型溝谷的傾斜角比較小一點，但還是容易發生崩塌。
- (2) 雖然調查時間是不常下雨的乾季，但也可以發現一些泥流或泥塊流的遺跡，表示在去年或較久之前曾發生較大的侵蝕作用。
- (3) 現場調查發現：牛埔農塘西北邊和東北邊的泥岩紋溝及泥裂都很多，表示發生大雨時的侵蝕量也會增加。我們雖然不知道總侵蝕量是多少，但是從農塘裡的總泥量應該可以知道一些。

(三) 農塘西邊山頂的砂岩透露出什麼地層問題？

1. 牛埔農塘周圍可以發現許多斷層泥

牛埔農塘的周圍泥岩邊坡除了地形陡峭之外，還有許多斷層泥的分布，泥岩的顏色看起來比較深，而且呈黑色，但寬度都不是太大。這些現象在以前我們去過的草山月世界也是很常見。(如照片 23~25)



照片 23 牛埔農塘西側山頂的厚層砂岩可以發現許多斷層泥及微構造。



照片 24 農塘西北邊的泥岩邊坡可以發現一些明顯的黑色斷層泥。



照片 25 農塘東邊的小路旁也可以看到二至三條的黑色斷層泥。

2. 牛埔農塘西邊的山頂砂岩有許多小斷層(或稱微構造)

牛埔農塘西邊的泥岩山頂有連串的厚層砂岩，遠看可能不知道它們已風化得非常嚴重，在岩石裡留下許多小斷層的遺跡。網狀的微構造就是每次的地殼變動都會造成擠壓破裂，不同的力量方向有不同方向的裂痕，最後形成網狀的微構造奇景。

裂解的岩石最後將造成崩塌，並隨著陡峭的泥岩邊坡滑動到農塘附近，所以西邊的泥岩上面偶爾會出現砂質泥岩，顆粒比泥岩稍粗。裂開的岩石也容易造成滲水。(如照片 26~31)



照片 26 泥岩上面是厚層砂岩，應該也隱藏著許多小斷層或微構造。



照片 27 遠處的厚層砂岩下有明顯的岩塊崩落。



照片 28 農塘大壩下方也有明顯的厚層砂岩裂開，隱藏著許多小斷層。



照片 29 上面裂解的砂岩已掉落到下面的泥岩地層上。



照片 30 泥岩上的厚層砂岩可以看到明顯的網狀裂痕。



照片 31 牛埔農塘西邊的文昌筆(砂岩)也有明顯的小斷層或微構造。

另外，我們也查了一下中央地質調查所網站，發現牛埔農塘也是屬於地質敏感區(如圖 6)，表示牛埔附近的地層不穩定，岩層有很多破裂，容易發生山崩或地滑的災害。經過我們現場調查也可以證實牛埔地區確實是地質不穩定。



圖 6 牛埔農塘附近山崩與地滑地質敏感區(擷取自中央地質調查所網站)

(四)牛埔農塘是淤積了多少的泥岩?

牛埔農塘透過 google 地圖做量測，東西向實際長度為 263.72 公尺，南北向實際長度為 219.77 公尺。再以方格紙方法計算農塘的面積，實際到現場測量工程開挖深度，就可以估算全部泥岩沉積的總體積(總泥量)，測量結果圖 7、照片 32~33 及計算式。

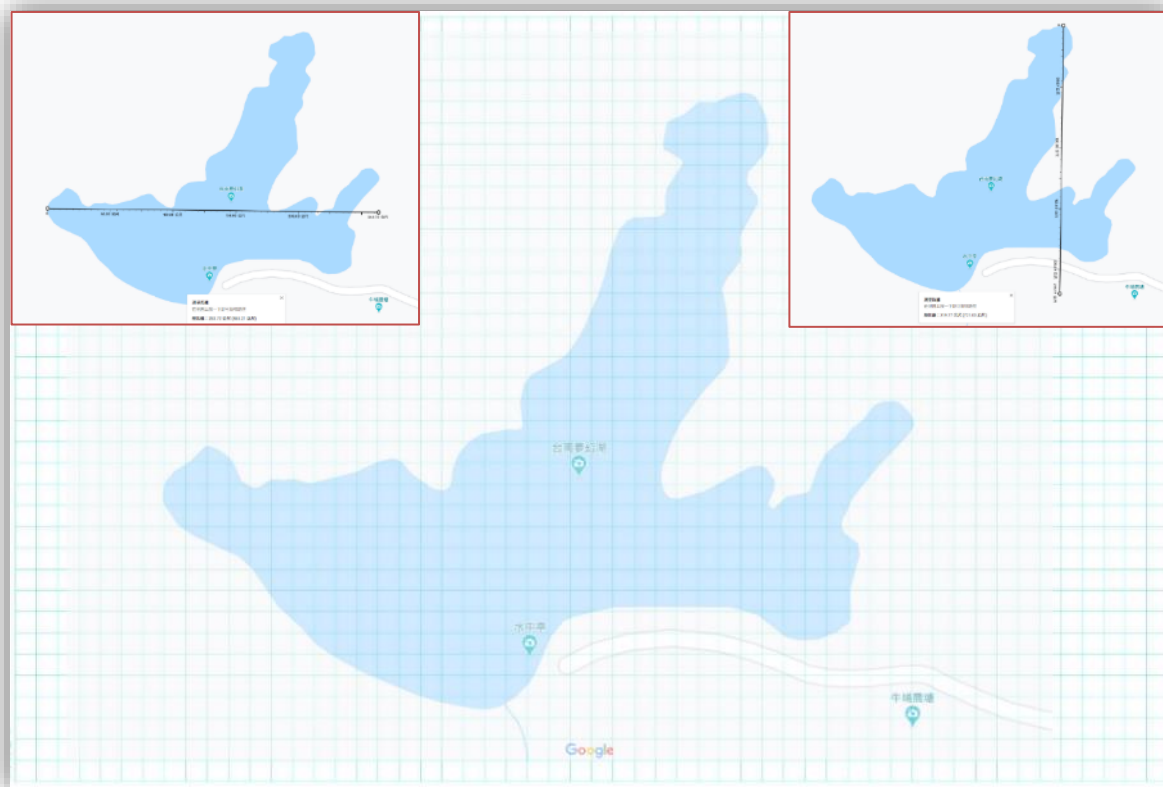


圖 7 牛埔農塘以方格紙套圖計算大約面積

牛埔農塘的淤積泥量計算如下：

1. 現計算地圖上實際的一個方格長度到底有多少？

$$263.72 \text{ 公尺} \div 35 \text{ 格} = 7.53 \text{ 公尺}$$

2. 計算方格總數，不滿一個的算半格。

$$\text{完整的方格數} = 281$$

$$\text{不完整的方格數} \div 2 = 142 \div 2 = 71$$

$$\text{總方格數} = 281 + 71 = 352$$

3. 計算牛埔農塘衛星圖的湖面面積。

$$7.53 \text{ 公尺} \times 7.53 \text{ 公尺} \times 352 \text{ 個} = 19958.72 \text{ 平方公尺}$$

4. 計算農塘裡的總泥量。

我們藉著農塘清淤工程到現場實際測量淤泥的堆積深度約有 11.3 公尺
(水中涼亭的立牌寫 12 公尺)

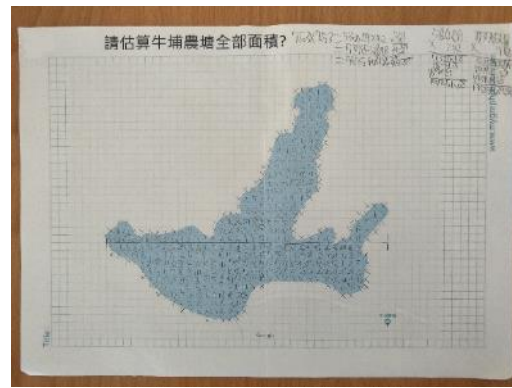
$$\text{總泥量} = 19958.72 \text{ 平方公尺} \times 11.3 \text{ 公尺} = 225533.50 \text{ 立方公尺}$$

$$\text{一個標準游泳池的儲水量} = 25 \times 50 \times 2 = 2500 \text{ 立方公尺}$$

$$225533.50 \text{ 立方公尺} \div 2500 \text{ 立方公尺} = 90.21 \text{ 個標準游泳池總泥量}$$



照片 32 實際到達農塘開挖點附近測量湖底到湖面的深度，約 11.3 公尺。



照片 33 計算牛埔農塘完整和不完整的方格總數。

四、牛埔農塘有趣的泥裂地形

牛埔農塘在泥沙不斷的往下沖刷，兩年前就開始發現有乾枯的情形，一直到 2019 年底完全乾枯，開始有泥裂的發生，泥裂的形狀看起來好像有規則，但詳細看又不太規則，非常有趣。

(一)發現有趣的泥裂地形

1. 泥裂的形狀統計

我們以照片的取樣方式，統計三個方向的泥裂形狀，結果如圖 8 及照片 34~37。

現場統計泥裂的形狀不是很容易，但透過照片就比較容易。我們由三個方向(南往北、東往西和西往東)進行拍照及統計，我們發現：不管往哪個方向統計，都是以【四邊形】的泥裂最多，其次是三角形或五邊形。

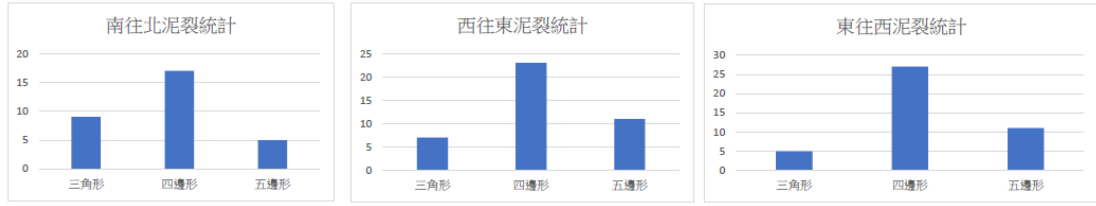


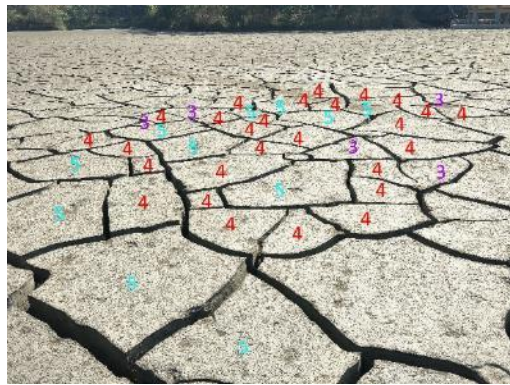
圖 8 牛埔農塘泥裂形狀統計圖



照片 34 水土保持戶外教學發現牛埔農塘已變成牛埔泥塘。



照片 35 南往北方向統計
▲9 個，■17 個，◆5 個。



照片 36 西往東方向統計
▲7 個，■23 個，◆11 個。



照片 37 東往西方向統計
▲5 個，■27 個，◆11 個。

2. 泥裂的深度和寬度

牛埔農塘的泥裂受水份的影響，泥裂的寬度和深度在乾季會愈來愈大。牛埔農塘的泥裂在無外力的影響時，裂縫最大寬度可達 15 公分，裂縫最大深度都不會超過 1 公尺。即使是下游的埤底溝的泥裂最大深度也可達 80 公分深，但寬度受崩塌影響(比較砂質)，最寬可達 30 公分。(如照片 38~43)



照片 38 泥裂的裂開的角度幾乎接近九十度。



照片 39 實際量測泥裂的寬度和深度。



照片 40 泥裂的深度使用測距儀可以非常準確測量。



照片 41 牛埔農塘的泥裂深度都沒有超過一公尺。



照片 42 下游埤底溝的泥裂深度也不超過一公尺。



照片 43 下游埤底溝的泥裂寬度最大可達 30 公分。

經過我們的調查發現：牛埔農塘東邊和南邊比較【泥質】，所以泥裂比較明顯，泥裂寬度和深度比較固定；農塘西邊和下游埤底溝泥裂的上層比較【砂質】，所以容易造成泥裂的裂縫崩塌，寬度加大。

3. 泥裂的下層是什麼？

泥裂的表層約有 20 公分是平行的地層，而且是乾燥的地層，看起來是比較沙質的泥岩，後面也會有實驗可以證明。我們實地觀察牛埔農塘及下游的埤仔溝，都有類似的現象。(如照片 44~47)



照片 44 泥裂的上層有兩層各約十公分的平行地層。



照片 45 超過 20 公分以下是比較潮濕的泥岩，分層比較不明顯。



照片 46 表層的泥裂可以撥出許多層，很像千層派。



照片 47 埤底溝的泥裂上層也是像千層派(乾燥)，下層約超過十公分是比較潮濕的泥岩。

我們的調查發現：牛埔農塘的泥裂表層比較厚，約有 20 公分；埤仔溝的泥裂表層比較薄，約有 10 公分。我們推測可能和泥漿深度有關，或者是下層的含水量不同所造成。

後面我們將對泥裂的水分變化做一詳細的實驗與紀錄，希望可以知道一些原因。

(二) 泥漿到泥裂的水份消失情形

農塘變泥塘，淤積的泥漿又如何變成泥裂，水份又如何變化，以下有一些室內實驗可以觀察。(如照片 48~49)

1. 泥漿的水份變化

實驗方法：我們實地採集埤底溝的泥裂上層(10公分，粉土質泥岩，乾燥)及下層(10公分，泥岩，潮濕)回學校做實驗。共分四種型態：1. 上層厚層粉土質泥岩。2. 上層薄層粉土質泥岩。3. 下層厚層泥岩。4. 下層薄層泥岩。全部加水100C.C.達到飽和模擬泥漿，並倒掉多餘溢出的水，採室內自然晾乾，記錄重量及泥裂變化。

實驗結果：如表3及圖8，發現薄層的泥質泥岩或砂質泥岩前14天的水分幾乎就已蒸發完；厚層的泥質泥岩或砂質泥岩含水量多，砂質泥岩蒸發速度稍快比較快乾，泥質泥岩則緩慢下降，一直到第42天才全乾。

表3 埤底溝泥裂表層取樣含水量(總重)變化

天數	A 上層 10cm (粉土質泥岩/厚層)	B 上層 10cm (粉土質泥岩/薄層)	C 下層 10cm (泥岩/厚層)	D 下層 10cm (泥岩/薄層)
第1天	1595.9	635.4	1410.8	456.7
第3天	1562.2	603.8	1375.1	427.0
第6天	1522.1	565.1	1336.6	392.1
第7天	1508.0	551.0	1322.4	380.1
第8天	1494.0	539.9	1308.6	374.1
第13天	1437.9	514.3	1256.3	370.8
第14天	1429.5	514.3	1248.7	371.2
第15天	1416.8	513.5	1237.4	371.0
第17天	1393.0	513.3	1214.6	371.0
第20天	1358.3	511.8	1181.2	369.3
第21天	1336.0	511.3	1157.0	369.2
第22天	1324.7	511.8	1144.6	369.6
第23天	1312.5	511.6	1128.6	369.7
第24天	1302.4	512.0	1113.5	369.9
第27天	1285.2	513.0	1081.9	370.8
第28天	1279.7	512.7	1069.6	370.8
第29天	1276.4	512.6	1062.9	370.5
第30天	1272.9	512.8	1057.3	370.6
第31天	1270.5	512.6	1053.4	370.6
第34天	1265.7	512.5	1046.2	370.5
第35天	1264.0	512.8	1043.8	370.8
第37天	1260.5	512.4	1039.5	370.4
第38天	1259.0	512.2	1037.8	370.2
第42天	1257.1	512.4	1035.7	370.6
水分減少量	21.22%	19.35%	26.63%	18.85%

單位：克

說明：平均含水量為21.51%

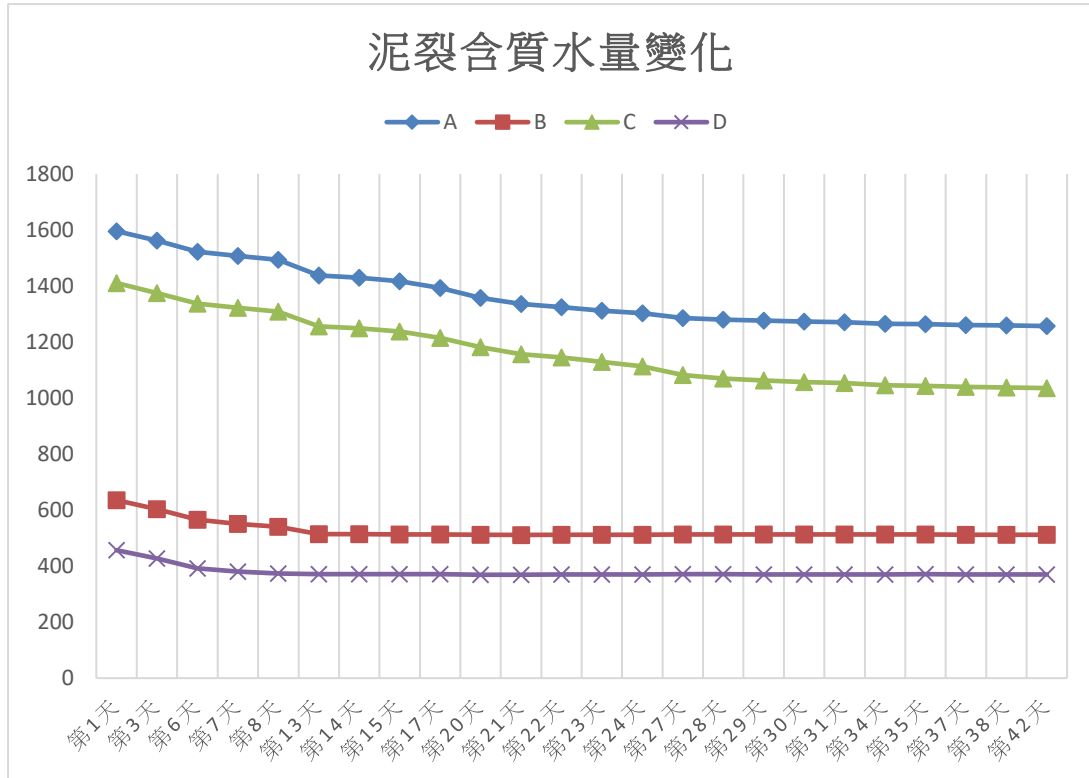
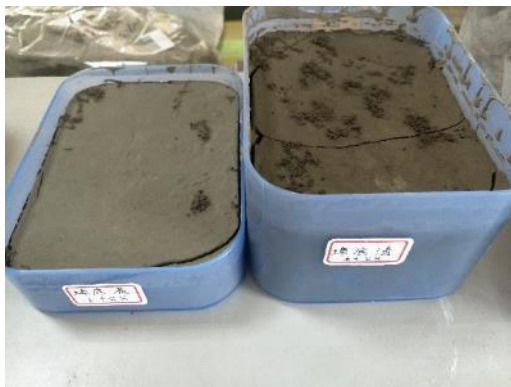


圖 8 牛埔農塘下游埤底溝表層泥沙取樣水量(總重)變化統計圖

我們實驗後發現：由圖 8 可發現泥質泥岩或砂質泥岩的含水量下降變化量都很一致，唯一不同的是薄層的泥質泥岩或砂質泥岩完全乾燥後不再下降。厚層砂質泥岩和厚層泥質泥岩水分消失的差距愈來愈大。厚層泥質泥岩的水分減少最多，達 26.63%。在飽和的情況下，牛埔農塘泥岩剩餘的含水量=19958.72 平方公尺×(11.3-1)公尺×21.51% ÷ 2500x 立方公尺=17.68 座游泳池的水。

2. 泥漿的厚度和顆粒大小如何影響泥裂的變化?

泥漿的顆粒大小及厚薄程度對泥裂是否產生影響，研究結果如照片 48~49 及圖 9。



照片 48 埤底溝地表表層的取樣泥裂模擬實驗。



照片 49 埤底溝地表下層 10 公分的取樣泥裂模擬實驗。

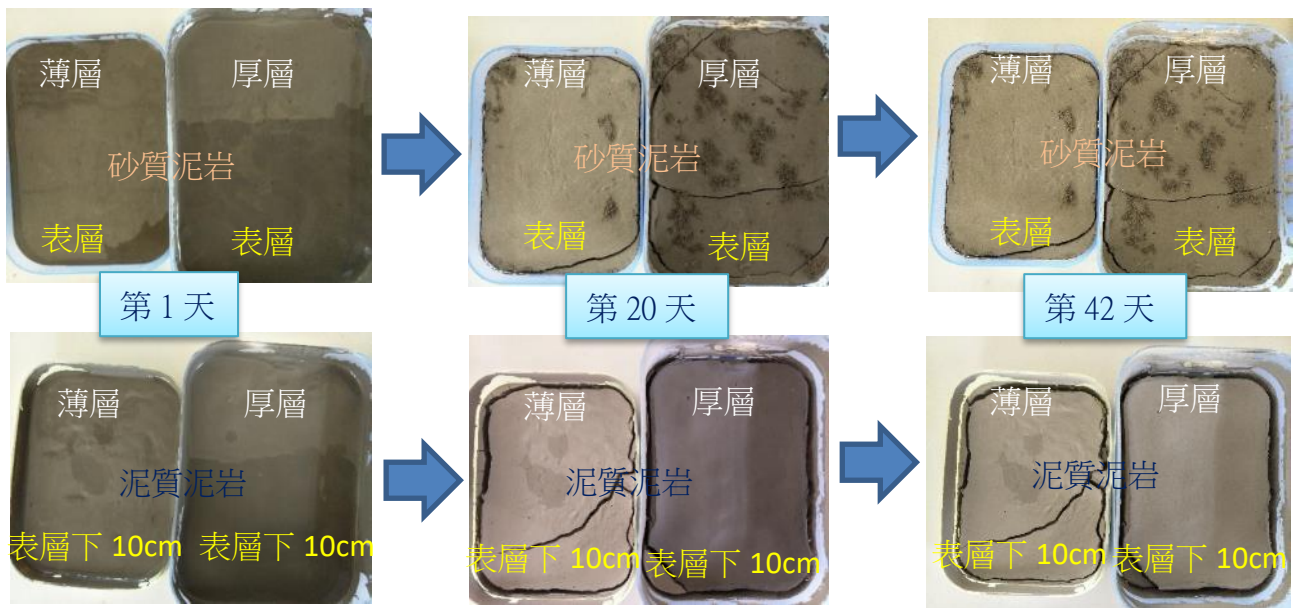


圖 9 埤底溝表層及表層下 10 公分的泥裂比較

我們實驗後發現：

(1)比較泥質的泥漿在完全乾燥後泥裂比較明顯，如薄層的泥岩。厚層的砂質泥岩剛開始前幾天的泥裂比較明顯，可能是砂質的泥岩比較容易蒸發，泥質的泥岩比較不容易蒸發。

(2)砂質泥岩的總含水量不管是薄層或厚層差異不大，平均約 20.29%。泥質泥岩的總含水量薄層和厚層差異較大，平均約 22.74%。砂質泥岩和泥質泥岩平均為 21.51%。(農塘 1 公尺以下如果是飽和的泥漿，至少含有 20%的地下水。)

(三)鹽度和顆粒大小對泥裂的影響

牛埔農塘的泥裂是否因鹽度或顆粒大小不同而有差異？

實驗方法：

1. 取牛埔農塘的泥質泥岩及砂質泥岩做比較。
2. 培養皿(100 毫升)的兩種泥岩分別加入 0 克、1 克、2 克和 3 克的鹽，每天觀察泥裂及水分的變化。
3. 實際量測牛埔農塘及埤底溝的泥岩鹽度。(如圖 10 及照片 50~51)

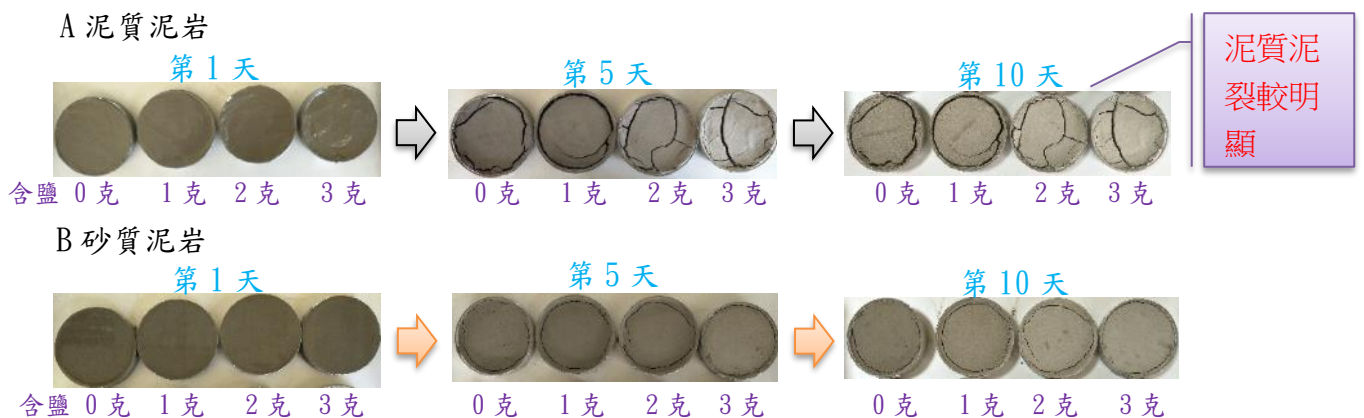


圖 10 牛埔農塘泥漿在鹽度及泥岩顆粒大小的泥裂比較



照片 50 牛埔農塘的泥岩鹽度為 0.3。 照片 51 埤底溝的泥岩鹽度也是 0.3。

我們實驗後發現：

1. 泥質泥裂比砂質泥岩容易泥裂，但鹽度對泥裂的影響並不大。
2. 砂質泥岩和泥質泥岩加鹽後的泥裂雖然不明顯，但對泥砂的濕度卻有明顯的不同。10 天後比較兩種泥岩，鹽度高的泥岩仍然含有水分，0 克的則已全乾了。
3. 牛埔農塘的泥岩鹽度低，我們推測鹽度在這裡的泥裂影響並不大。

(四) 泥沙顆粒大小真的對泥裂有影響嗎？

1. 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分析(文昌筆下面)

實驗方法：搖篩步驟，取 40、50、70、100、150 及 200 號篩進行完整的搖篩實驗，時間 5 分鐘，去結塊後再搖 1 分鐘。

實驗結果：如圖 11~12 及照片 52。

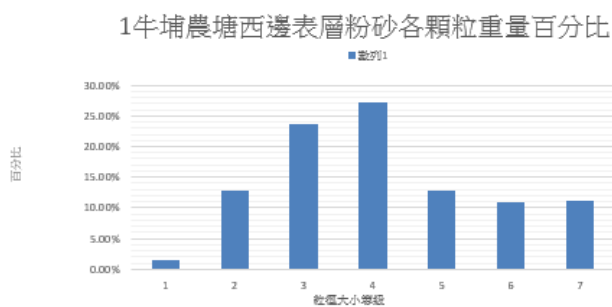
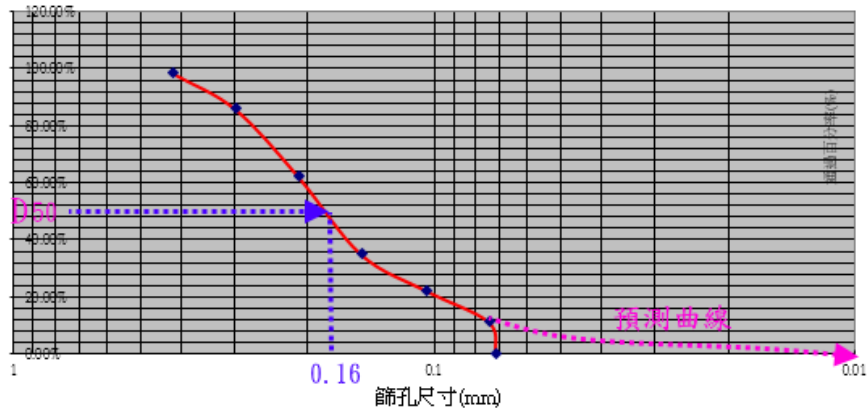


圖 11 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布統計圖



照片 52 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布

1牛埔農塘西邊表層粉砂累積次數分配圖



平均粒徑(D₅₀)=0.1597mm

圖 12 牛埔農塘西邊表層粉砂之累積次數分配圖

我們發現：牛埔農塘西邊表層粉砂的粒徑較大，可能是來自到西邊的厚層砂岩(文昌筆下方)侵蝕下來的泥砂。這裡的個別泥裂面積比農塘的東邊和南邊大。

2. 牛埔農塘西邊表層下 10 公分砂質泥岩之粒徑分析

實驗方法：同前。

實驗結果：如圖 13~14 及照片 53。

2 農塘西邊下層10公分砂質泥岩各顆粒重量百分比

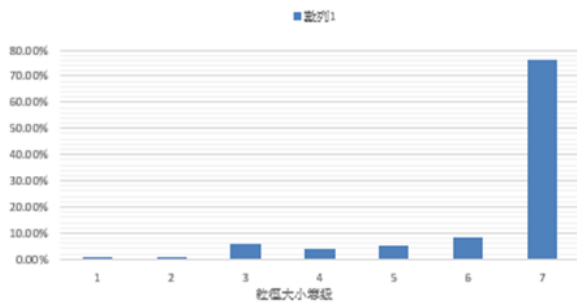
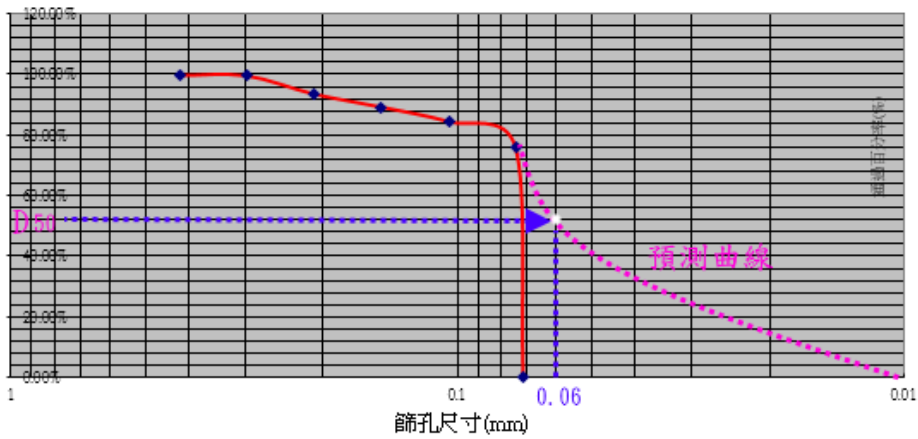


圖 13 牛埔農塘西邊表層下 10 公分之砂質泥岩粒徑分布統計圖



照片 53 牛埔農塘西邊表層下 10 公分砂質泥岩之粒徑分布

2 牛埔農塘西邊下層10公分砂質泥岩累積次數分配圖



平均粒徑(D₅₀)=0.0605mm

圖 14 牛埔農塘西邊表層下 10 公分砂質泥岩之累積次數分配圖

我們發現：牛埔農塘西邊表層下 10 公分粉砂的粒徑較小，但平均粒徑也是接近粉砂的程度，可能主要也是來自到西邊的厚層砂岩侵蝕下來的砂。附近的個別泥裂面積也比較大。

3. 埤底溝表層砂質泥岩之粒徑分析

實驗方法：同前。

實驗結果：如圖 15~16 及照片 54。

3 埤底溝表層砂質泥岩各顆粒重量百分比

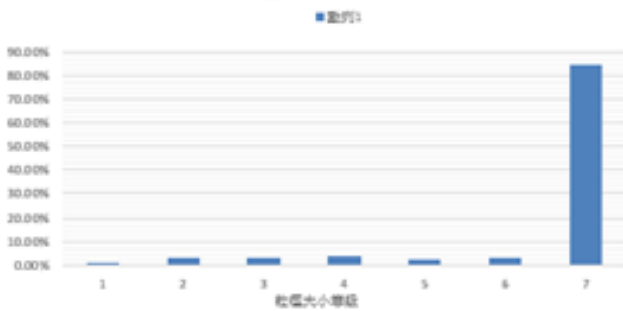
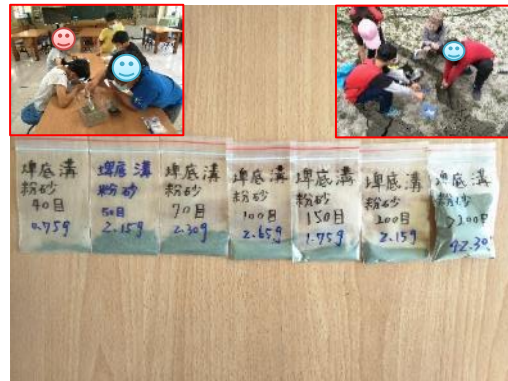
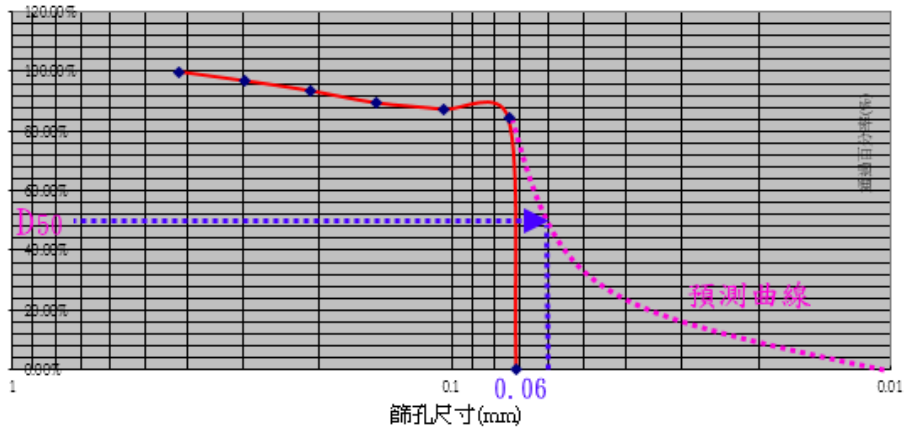


圖 15 牛埔農塘下游埤底溝表層砂質泥岩之粒徑分布統計圖



照片 54 牛埔農塘下游埤底溝表層砂質泥岩之粒徑分布

3 埤底溝表層砂質泥岩累積次數分配圖



平均粒徑(D₅₀)=0.0585mm

圖 16 牛埔農塘下游埤底溝表層砂質泥岩之累積次數分配圖

我們發現：牛埔農塘下游埤底溝粉砂的粒徑約 0.06mm，是屬於粉砂的泥岩，可能也是來自到西邊的厚層砂岩侵蝕下來的砂。這裡的個別泥裂面積大小是全區最大的。

4. 牛埔農塘溪邊野溪砂質泥岩之粒徑分析

牛埔農塘表層的砂質泥岩來源真的是西邊野溪帶來的嗎？於是我們特別找一天去追溯，分別在溪口及溪口往上游 30 公尺處取泥沙樣本。

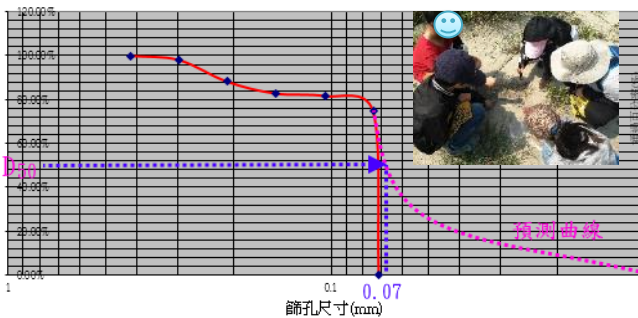
實驗方法：剝除表層的風化土壤，取表層 10 公分以內的新鮮泥沙樣本回學校晾乾做搖篩分析。方法同前。

實驗結果：如圖 17。

(1) 牛埔農塘野溪溪口

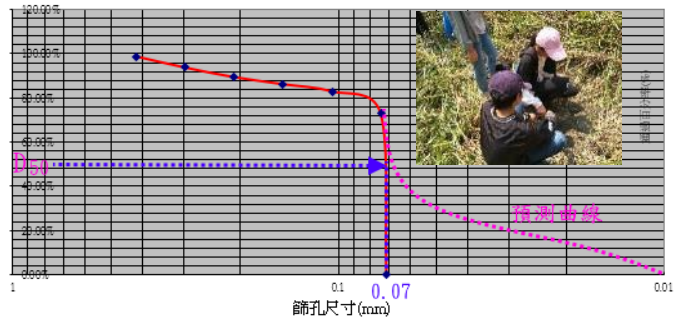
(2) 牛埔農塘野溪溪口上游 30m 處

4 牛埔農塘西邊野溪溪口砂質泥岩累積次數分配圖



平均粒徑(D₅₀)=0.0689mm

5 牛埔農塘西邊野溪溪口上游30m砂質泥岩累積次數分配圖



平均粒徑(D₅₀)=0.0716mm

圖 17 牛埔農塘西邊野溪溪口表層砂質泥岩之累積次數分配圖








我們發現：牛埔農塘西邊的野溪，由溪口往上游進行泥沙取樣，發現平均粒徑大小都比牛埔農塘大，而且往上游有粒徑越來愈大的趨勢。因此靠近農塘西邊的個別泥裂面積都會比較大。

5. 牛埔農塘南邊表層(10cm 內)泥質泥岩之粒徑分析

實驗方法：剝除表層的風化土壤，取表層 10 公分以內的新鮮泥沙樣本回學校晾乾做搖篩分析。方法同前。

實驗結果：如表 4。

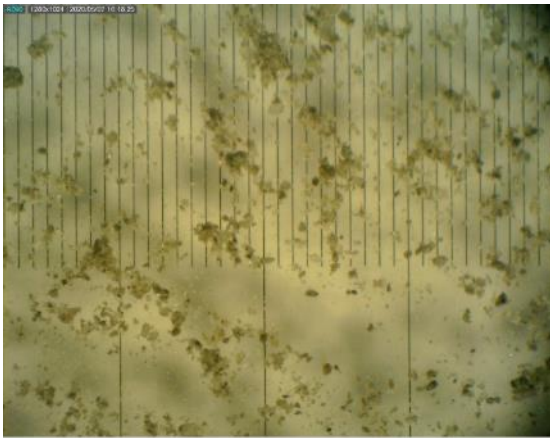
表 4 牛埔農塘南邊表層(10cm 內)泥質泥岩粒徑分析各篩網堵塞情形

篩網大小	40 號篩	50 號篩	70 號篩	100 號篩	150 號篩	200 號篩	>200 號篩
照片							
說明	結塊的泥岩已不多。	還可以看到結塊的顆粒。	可以看到細小的顆粒，但篩網有阻塞。	大部分的顆粒都停留在這裡，並嚴重堵塞。	雖顆粒細，但能通過的顆粒不多。	能通過的顆粒也不多。	篩孔堵塞最多的變最少。

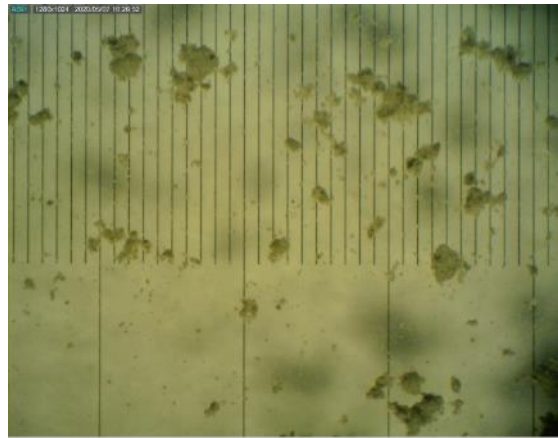
我們發現：比較泥質的泥岩因顆粒小，泥沙都堵住篩孔，無法順利過篩，因此無法用搖篩分析。但用手搓揉會沾手，確定是比較細的泥岩沒錯。附近的個別泥裂面積也比較小！

6. 顯微鏡下的泥砂顆粒

泥岩沒有辦法進行過篩分析，但可以用顯微鏡進行比較，照片 55~56 可以發現泥岩泥岩顆粒的確比較細小。(顯微刻度尺最小單位為 0.1mm)



照片 55 砂質泥岩的顆粒大小很接近 0.1mm，顆粒較大而且粒粒分開。



照片 56 泥質泥岩的顆粒比較小，而且有很多膠結的顆粒。

(五)農塘的泥砂來源和分布

牛埔農塘的西側為砂質泥岩、北側和東側為泥質的泥岩，經過我們仔細調查發現與西邊的上層砂岩有關，西邊的野溪帶來的泥沙粒徑較大，詳如圖 18 的說明。

五、湖泊和河流的泥裂比較

經過我們詳細的調查研究，發現牛埔農塘的湖泊西邊的泥裂和下游河流(埤仔溝)的泥裂大小都比較大，經過上面的實驗研究發現與泥岩的顆粒大小有關，顆粒大小影響個別泥裂的面積大小。沉積的泥岩顆粒愈大(含砂質)，泥裂就愈大;顆粒愈小，泥裂就比較小。

以下圖 18 就是牛埔農塘和下游埤底溝的泥裂大小分布圖，大泥裂(顆粒大)分布在西邊和下游，較小泥裂(顆粒小)分布在牛埔農塘南邊和東邊，如照片 57~58。

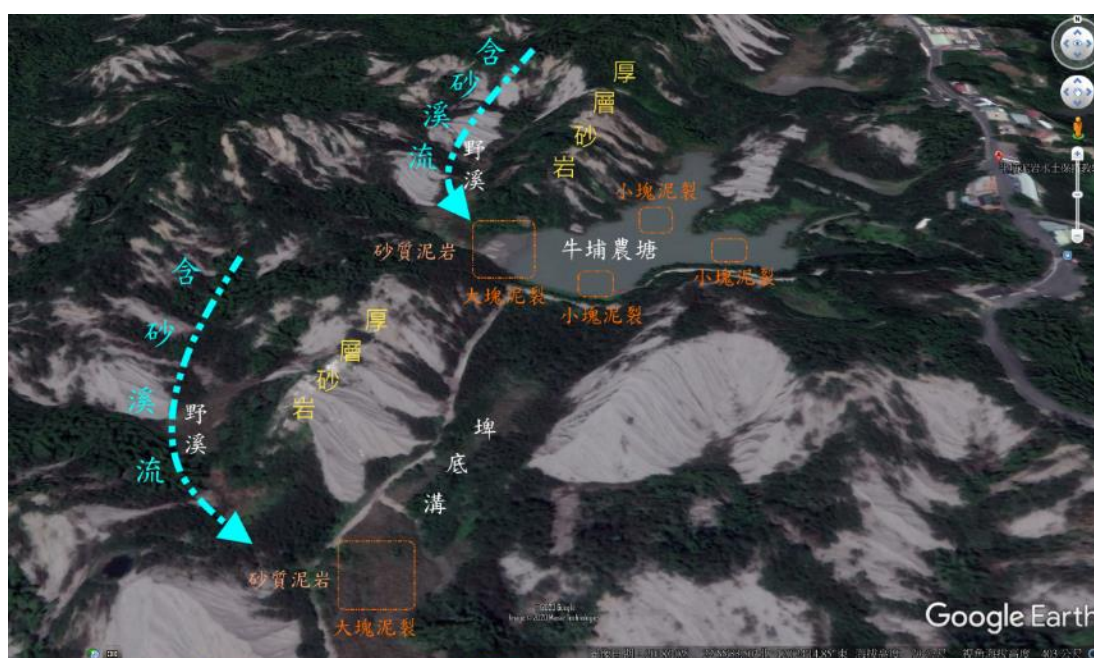


圖 18 牛埔農塘與埤底溝大小泥裂分布示意圖



照片 57 牛埔農塘東邊的個別泥裂面積較小，屬較泥質的泥岩。



照片 58 埤底溝的個別泥裂面積較大，屬較砂質的泥岩。

六、泥裂崩塌了

在這次的戶外考察研究時，因剛好遇到水土保持戶外教室整修，農塘的淤泥也需要開挖，因此可以看到不曾見過的泥裂崩塌。非常壯觀，深深吸引著我們的目光。(如照片 59~62)

我們的實地觀察發現：

- (一)泥裂的下層還有沒乾的泥岩，在重力的擠壓下出現像爆漿饅頭一樣，出現下層較濕的泥漿被擠出，非常有趣!
- (二)湖底開挖造成上層泥裂失去支撐力而下滑，失去重心的泥岩全部往湖底滑動，這種情形應該不容易見到。
- (三)傾斜後的泥裂，本來是水平的表面最後都朝向湖面傾斜，實際量測最大可達 30 度角或超過一些。
- (四)泥裂的下方是比較泥質的泥岩，而且比較沒有水平的層次。



照片 59 牛埔農塘北邊的開挖造成南邊、東邊和西邊的泥裂失去重心而往北邊傾斜。



照片 60 泥裂下面還隱藏著許多泥漿，很像爆漿饅頭。



照片 61 崩塌的泥裂傾斜角可達 30 度或更大。



照片 62 崩塌的泥裂加大了泥裂的縫隙，上層的泥裂看起來比較有層次。

七、聯想：泥岩區也會發生土壤液化嗎？

根據本校第 56 至 58 屆的科展研究，發現河邊的泥砂都很容易發生液化。一般來講平均粒徑在 0.07~0.20mm 都比較容易發生液化(參考自全國第 56 屆國中科展)。

(一)牛埔農塘西邊表層砂質泥岩的土壤液化可能推測

牛埔農塘的西邊和埤仔溝溪的表層泥砂顆粒大小的平均粒徑大小都在 0.06mm 左右，比較西邊的野溪河道泥砂平均粒徑也可達到 0.07mm，雖可達到液化的可能，但本地區屬泥岩地質，溪流短水又少，比較下層的泥岩層顆粒應該較細，看來這裡的砂質泥岩雖有液化的可能，應該比較不會發生。

如果會發生液化，可能是表層的砂質泥岩在高水位時，同時又發生大地震(五級以上)，但機會應該不是很大。

(二)牛埔農塘西側及野溪溪口表層砂質泥岩的液化實驗

開挖後的農塘下面可以發現許多泥漿溢出，都是顆粒比較細的泥岩，而且厚度比較大，如果會發生液化也可能是上層一公尺內的砂質泥岩，但越往下顆粒越細，發生液化的機率越低。

我們實際拿牛埔農塘表層的砂質泥岩和泥質泥岩各約 1600 克，各加水 30、60 及 90cc 均勻攪拌後，開始模擬地震搖晃(15cm 範圍內，頻率 1 次/秒)。

我們發現：只有砂質泥岩在水位夠高(90cc)時，約搖晃 20 下就有液化的現象，水被排出並失去支撐力，而泥質泥岩則沒有發生液化。(如表 5 及照片 63)

表 5 牛埔農塘埤底溝砂質泥岩(粉沙)土壤液化實驗

材料及水量	振動頻率	搖晃 10 下 (頻率 1 次/秒)	搖晃 20 下 (頻率 1 次/秒)	搖晃 30 下 (頻率 1 次/秒)	搖晃 40 下 (頻率 1 次/秒)
砂質泥岩 加水 30 毫升		沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
砂質泥岩 加水 60 毫升		沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
砂質泥岩 加水 90 毫升		沒液化	輕微液化	明顯液化	明顯液化
泥質泥岩 加水 30 毫升		沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
泥質泥岩 加水 60 毫升		沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
泥質泥岩 加水 90 毫升		沒液化	沒液化	沒液化	沒液化



照片 63 左邊的砂岩泥質在晃動後有明顯的液化現象，右邊泥質泥岩就沒有。

伍、討論

- 一、泥岩的水土保持非常的不容易，牛埔農塘的泥岩淤積經過十幾年的沖刷，最後農塘變成泥塘，有人稱它為夢幻湖，但因地質不穩定，沖刷量大，所以逐漸失去功能。詢問工程單位，好像只是部分的清淤。在侵蝕量大及施工不易的情況下，也許在幾年後又恢復為牛埔泥塘，到時再來清淤，歷史會一直重複發生，這應該是大自然的現象，最後達到平衡。
- 二、本次研究發現泥裂底層的泥岩顆粒較細，可能還有一些變化。另外，我們發現農塘的東邊個別泥裂面積都比南邊和西邊小，除了泥砂粒徑大小外，是否和深度或其他因素有關，需我們再進一步研究。

陸、結論

- 一、牛埔農塘位於月世界地形內，有許多堆積的泥岩，因地層裡有一些小斷層發生，地形又陡峭，地層狀況非常不穩定，是屬於地質敏感區，經實地調查發現這裡真的很容易發生山崩和地滑。
- 二、牛埔農塘範圍內的四周，除了南邊大壩地勢較低外，東邊、西邊和北邊地勢都比較高，高度走向最低點都是在湖的中心，也是雨水、河水和泥砂的集中點。
- 三、牛埔農塘附近月平均降雨量都集中在五到八月，侵蝕量應該也是最大的季節，建議如果有清除淤泥最好在五月前完成。
- 四、農塘的四周因紋溝、泥裂、小斷層及地形陡峭(邊坡脊部和邊坡側邊的平均都大於 50 度角)，所以泥流或泥塊流很容易發生。
- 五、農塘的西邊山頂有厚層砂岩，因小斷層或微構造多，有如蜘蛛網狀，造

成許多大小碎塊崩落，是非常不穩定的地層，附近泥岩區也有發現許多小斷層。

- 六、牛埔農塘的泥砂堆積量經我們實地量測計算，約超過 90 個標準游泳池的總泥量，如果除以興建 15 年計算，每年約有 6 座游泳池的泥岩堆積量。泥塘一公尺以下是沒有乾的泥漿，如果是飽和的狀態下至少還含有約 20%地下水(棲留水)，約有 17 座游泳池的水。
- 七、牛埔農塘內的泥裂形狀最多是四邊形，泥裂裂縫寬度約 30 公分內，泥裂在開挖後發現有造成較大的泥裂裂縫寬度，但泥裂深度都沒有超過一公尺。
- 八、泥裂崩塌後發現下層是較為更潮濕的泥漿，顆粒也比較細。表層約 10 至 20 公分的泥裂部分較為砂質。
- 九、泥質泥岩的泥漿在完全乾燥後泥裂比較明顯，鹽度增加並不會造成泥質泥岩或砂質泥岩明顯的泥裂發生，但鹽度較高的泥漿乾燥速度比較慢，也會影響到泥岩的含水量變化。
- 十、牛埔農塘西邊表層和埤底溝的砂質泥岩粒徑較大，形成的個別泥裂面積也較大。比較砂質的泥岩經地質圖及現場調查，發現主要是來自西邊的厚層砂岩，推測是風化後流到兩條小溪流，所以泥裂的表層會比較砂質，影響到泥裂的個別面積大小。
- 十一、泥裂在開挖後會發生泥裂的崩塌，下層的泥漿也會被擠壓出來，很像爆漿饅頭，這種現象非常少見。
- 十二、牛埔農塘的泥砂粒徑分析實驗，發現農塘西邊、西邊野溪及埤底溝的泥砂顆粒平均粒徑在 0.06~0.07mm 上下之間。如果只考慮到粒徑大小是有液化的可能性，但下層(1 公尺以下)實際上是更泥質的泥岩，透水性差，要發生土壤液化的機會好像不大，如果真的會發生可能是在西邊比較粉砂質的小溪流附近。

柒、參考文獻

- 一、吳千右、吳柏辰、薛惠馨(2018)。泥岩沖刷與地形變化之分析探討。中華民國第58屆中小學科學展覽會國中地球科學作品說明書。
- 二、邱奕洲、許硯淇、蔡敏暄(2016)。再度甦醒的大地。中華民國第56屆中小學科學展覽會國中地球科學作品說明書。
- 三、陳品蓉等(2007)。土地龜裂的研究。中華民國第47屆中小學科學展覽會國小地球科學作品說明書。
- 四、游嘉慧、彭帆辰(2002)。臺灣桃園縣虎頭山的泥裂痕的分析和研究。台灣2002年國際科學展覽會。
- 五、趙竟評、石鎔毓、陳怡芳(2008)。能不能留住妳一月世界泥岩風化侵蝕研究。中華民國第48屆中小學科學展覽會國中地球科學作品說明書。
- 六、其他網路資料(略)。

【評語】 080501

這個作品從研究主題與鄉土相關性高，能從野外實際探查來觀察現象、系統性收集和分析資料，並經由實驗推斷出現象發生的可能機制，展現出對基本科學原理的理解。

壹、研究動機

在去年的一次水土保持戶外教學，我們拜訪了龍崎區的牛埔泥岩水土保持教學園區，發現原本的牛埔農塘(又稱夢幻湖)已被泥砂堆積，原本的山光水色已不再出現，遊客也減少許多。到底是什麼原因造成農塘變泥塘？泥塘的泥裂是怎麼造成的？泥裂的發生都一樣嗎？農塘的泥量和含水量到底有多少？為何會發生泥裂崩塌？農塘的景色有辦法再復原嗎？湖泊裡的泥裂和河流的泥裂有不一樣嗎？

剛開始我們在地圖上尋找牛埔農塘的衛星照片，希望可以知道它原來的面貌，後來又訪問了當地的民眾，知道泥砂淤積早在兩年前就發生，湖底已全部乾枯造成泥裂，這是15年來第一次發生，有沒有辦法再回復原來的面貌？這是我們的疑問，也是當地居民的心聲。

貳、研究目的

- 一、探索牛埔農塘的特殊地景。
- 二、探索「牛埔農塘」為何變成「牛埔泥塘」。
- 三、了解泥裂的發生原因及泥裂的特性。
- 四、比較湖泊和河流的泥裂差異。
- 五、探索泥裂為何會發生崩塌。
- 六、探索泥岩區是否也會發生土壤液化。

參、研究設備與器材

燒杯、培養皿、食鹽、拉鍊袋、鹽度計、各粒徑的篩網、電子秤、塑膠盆、數位立體顯微鏡、水平儀、斜坡量角器、皮尺、測距儀、刷子、鏟子、指南針…等

肆、研究過程與結果

一、文獻探討：

(一)牛埔農塘地質地形

龍崎區牛埔里位於古亭坑泥岩區，地層距今約600多萬年至200多萬年之間，是中央山脈沖刷下來的泥砂，在海底堆積的泥岩，偶而會發現有夾層砂岩，後來經過造山運動又重新抬升成為陸地，抬升過程也不斷沖刷侵蝕，最後形成今天的月世界地形。

我們查閱「催生龍崎牛埔泥岩惡地自然保留區」網路資料知道牛埔地區在地質教育上有下列特色：

特殊之泥岩惡地形、山崩地滑敏感區、背斜通過及抬升、斷層通過與斷層的破碎帶、區域內水域可見沼氣噴發、斷層泥等。

我們查閱中央地質調查所線上地質圖，整理及修圖得到以下的地圖說明，應該可以更清楚的了解牛埔地區的地質狀況。(如圖1)

(二)歷屆泥岩或泥裂的相關科展研究結果

1. 臺灣桃園縣虎頭山的泥裂痕的分析和研究(臺灣2002年國際科學展覽會)
2. 土地龜裂的研究(全國第47屆國小組科展)
3. 能不能留住你(全國第48屆國中組科展)
4. 泥岩沖刷與地形變化之分析探討(全國第58屆國中組科展)

綜合以上研究，我們發現：泥岩的風化侵蝕主要受降雨影響，坡度較陡會產生較多的沖蝕量。泥岩產生的泥裂與日照、泥岩厚度、面積大小等有關。泥裂形狀以四邊形最多，其次為五邊形及六邊形。

我們學校科學研究小組在最近這幾年拜訪了不少泥岩地區，但我們所發現的不只這些，還有許多新發現，研究方向也不一樣，就讓我們一起走進這個泥岩的不同世界吧！

二、牛埔農塘的實際的地質地形介紹

(一)牛埔農塘現場地質觀察

牛埔農塘四周都是泥岩地形，地形陡峭，北邊山丘較高，其次是西邊和東邊，南邊較低。農塘西邊的山上有較厚的砂岩地層，走近一看會發現許多裂痕交錯(地質名稱叫微構造或微斷層)，泥岩區也出現不少斷層泥。(如照片1~6)



照片1 牛埔農塘四週的泥岩地形。



照片2 牛埔農塘已乾枯見底。



照片3 泥岩層裡的夾層砂岩。



照片4 厚層的砂岩有許多交錯的條痕。



照片5 泥岩層裡的橫向小斷層。



照片6 泥岩層裡的縱向小斷層。

根據我們的觀察發現：牛埔農塘已乾枯見底，四周的泥岩地形非常陡峭，而且是北高南低。雖然是泥岩地形，但可以從一些小斷層及斷層泥發現地層是非常破碎的，在大雨來時應該會有很多泥岩被侵蝕沖刷到湖底或更下游的地方。

(二)牛埔農塘現場地形觀察

1. 牛埔農塘的衛星立體圖(圖2)
2. 牛埔農塘三方向的高度變化圖(圖3)

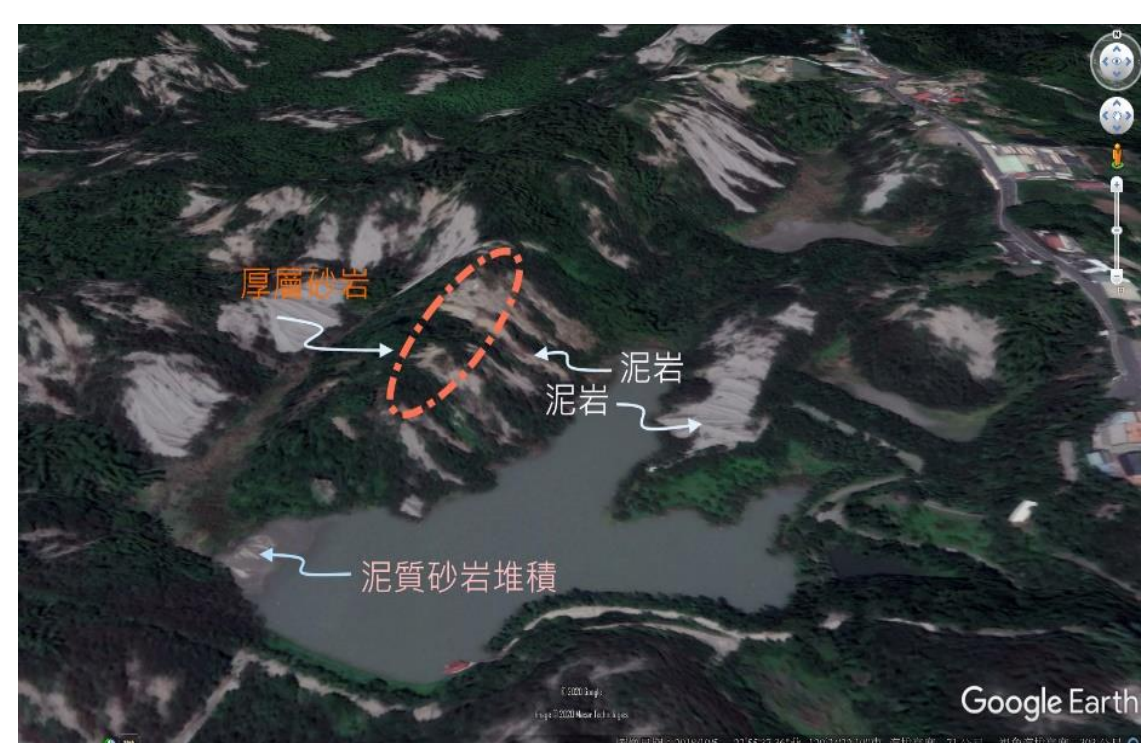


圖2 牛埔農塘Google地球衛星立體圖

我們發現：牛埔農塘四周除了南邊堤防，其他三個方位(北向南，東向西和西向東)高度走向，最低點都是在湖的中心，也是雨水、河水和泥砂的集中點。大壩附近的雨中涼亭，有一排水孔已被大量泥沙堵塞。(照片7~10)

三、「牛埔農塘」為何變成「牛埔泥塘」

(一)牛埔農塘泥岩地區的降雨量

台灣大學陳宏宇教授說：「侵蝕率的高低，不只跟地質材料強度、斷層分布有關，更與地震、颱風有密切關連。」(參考自網路資料)

牛埔農塘位在台南市龍崎丘陵地區，我們在氣象局網站找到了龍崎區「崎頂觀測站」，自2013年設站到現在，我們統計了2013年至2019年的月平均雨量，用Excel繪出如圖4的統計圖。



照片7 民國99年的牛埔農塘還是個夢幻湖。



照片8 民國108年的牛埔農塘已變成牛埔泥塘，水利設施全部消失了。



照片9 民國99年的牛埔農塘的文昌筆選站在夢幻湖中。



圖4 台南市龍崎區崎頂觀測站2013至2019年月平均降雨量統計圖

我們發現：

1. 牛埔農塘的降雨量以八月份最多，應該和颱風季節有關，下雨是湖水的主要來源，但是下太大的雨可能造成嚴重的泥流和湖泊的淤積。
2. 牛埔農塘最近也在清理淤泥，但他們只挖不到一半，如果要全部挖完，根據雨量統計圖，我們認為五月以前應該要完成，五月到七月雨季來了就很難施工，到了八月份可能又會發生大量的泥流，在不久的將來也許又形成另一個新的泥塘。(如照片11~12)

(二)調查牛埔農塘區域內泥岩的侵蝕情形

1. 雨溝變蝕溝：農塘北邊和東北邊有許多裸露的泥岩邊坡，現場調查發現雨溝變較大的蝕溝很常見。我們又查閱網路研究論文知道：紋溝(或蝕溝)侵蝕，約占總侵蝕量的54%，有泥裂的沖蝕量比無泥裂的邊坡高125%，侵蝕速率快120%。(如照片13~16)



照片11 兩部怪手開始開挖牛埔農塘的淤積泥岩。



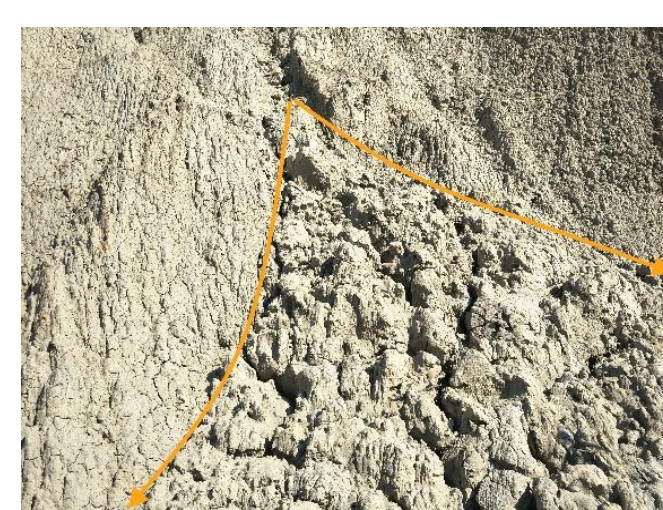
照片12 泥岩挖完露出古亭坑泥岩層，這是湖泊的底部。可以看到降雨造成泥岩的大量淤積。



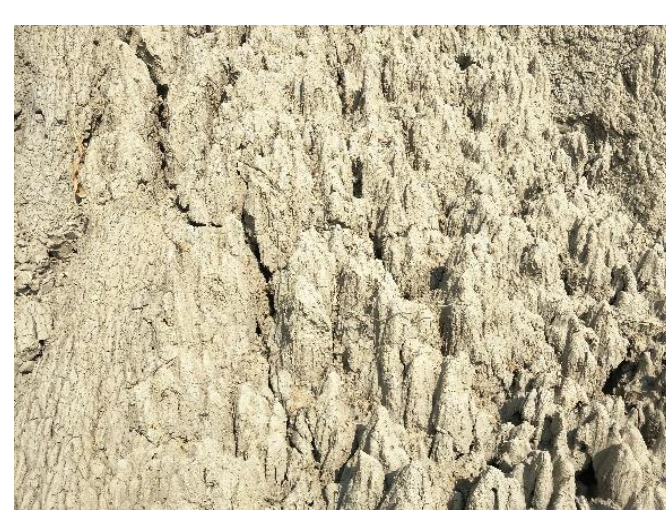
照片13 牛埔農塘的泥岩邊坡可以發現許多蝕溝，侵蝕量應該不小。



照片14 牛埔農塘的泥岩邊坡在乾季時可以發現許多泥裂，侵蝕量和侵蝕速率都很大。



照片15 泥岩受雨水侵蝕後形成泥流或泥塊流。



照片16 大雨後的泥塊流移動到湖泊或河流將造成泥岩淤積。

2. 地形陡峭也是造成容易泥流的原因

泥岩的邊坡遠看像倒V字形，主要有三個邊坡面(邊坡脊部、邊坡側面和倒V溝谷)可以測量傾斜角度(如圖5)，我們利用水平儀量角器在牛埔農塘北側和東北側分別測量及記錄，傾斜角度整理如表1和表2。實地測量情形，如照片17~21。

泥岩地形的斜坡測量部位名稱說明：

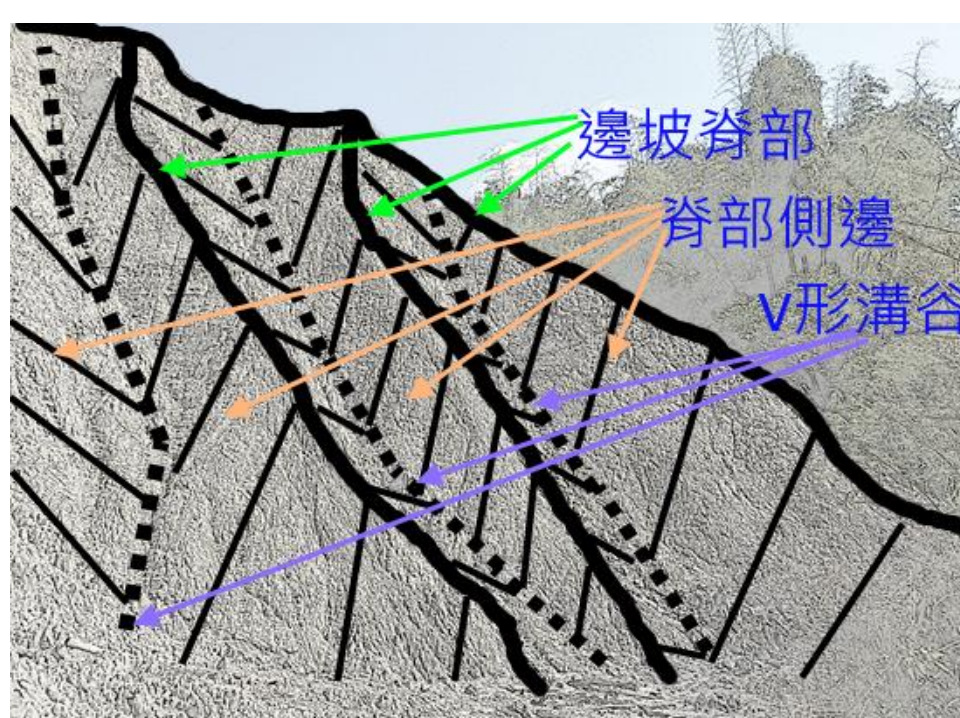


圖5 泥岩地形邊坡名稱示意圖。

表1 東北邊泥岩邊坡傾斜角度實地測量分析

	地點1	地點2	地點3	地點4	地點5	地點6	平均
邊坡脊部	55	51	52	54	57	53	53.67
脊部側邊	56	53	55	57	58	56	55.83
V形溝谷	52	45	38	51	40	43	44.83

表2 西北邊泥岩邊坡傾斜角度實地測量分析

	地點1	地點2	地點3	地點4	地點5	地點6	平均
邊坡脊部	53	56	55	52	54	53	53.83
脊部側邊	54	55	56	56	54	57	55.33
V形溝谷	48	46	53	49	44	50	48.33



照片17 V形溝谷測得傾斜角為40度。



照片18 東北邊坡脊部測得傾斜角為53度。



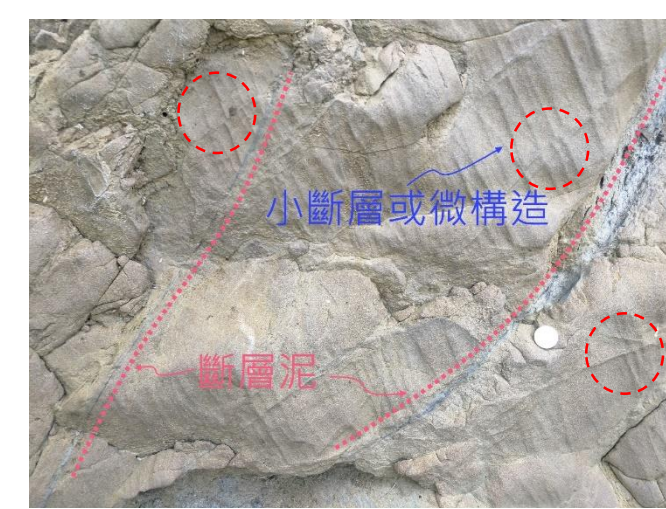
照片19 東北脊部側邊測得傾斜角為57度。



照片20 西北邊坡脊部測得傾斜角為52度。



照片21 西北脊部側邊測得傾斜角為54度。



照片23 牛埔農塘西側山頂厚層的粗粒砂岩可以發現許多斷層泥及微構造。

我們發現：

- (1) 泥岩邊坡在三個部位的傾斜角都很大，邊坡脊部和邊坡側邊的平均都大於50度角，V型溝谷的傾斜角比較小一點，但還是容易發生崩塌。
- (2) 雖然調查時間是不常下雨的乾季，但也可以發現一些泥流或泥塊流的遺跡，表示在去年或較久之前曾發生較大的侵蝕作用。
- (3) 現場調查發現：牛埔農塘西北邊和東北邊的泥岩紋溝及泥裂都很多，表示發生大雨時的侵蝕量也會增加。我們雖然不知道總侵蝕量是多少，但是從農塘裡的總泥量應該可以知道一些。

(三)農塘西邊山頂的砂岩透露出什麼地層問題？

1. 牛埔農塘周圍可以發現許多斷層泥

牛埔農塘的周圍泥岩邊坡除了地形陡峭之外，還有許多斷層泥的分布，泥岩的顏色看起來比較深，而且呈黑色，但寬度都不是太大。這些現象在以前我們去過的草山月世界也是很常見。(如照片23~25)

2. 牛埔農塘西邊的山頂砂岩有許多小斷層(或稱微構造)

牛埔農塘西邊的泥岩山頂有連串的厚層砂岩，遠看可能不知道它們已風化得非常嚴重，



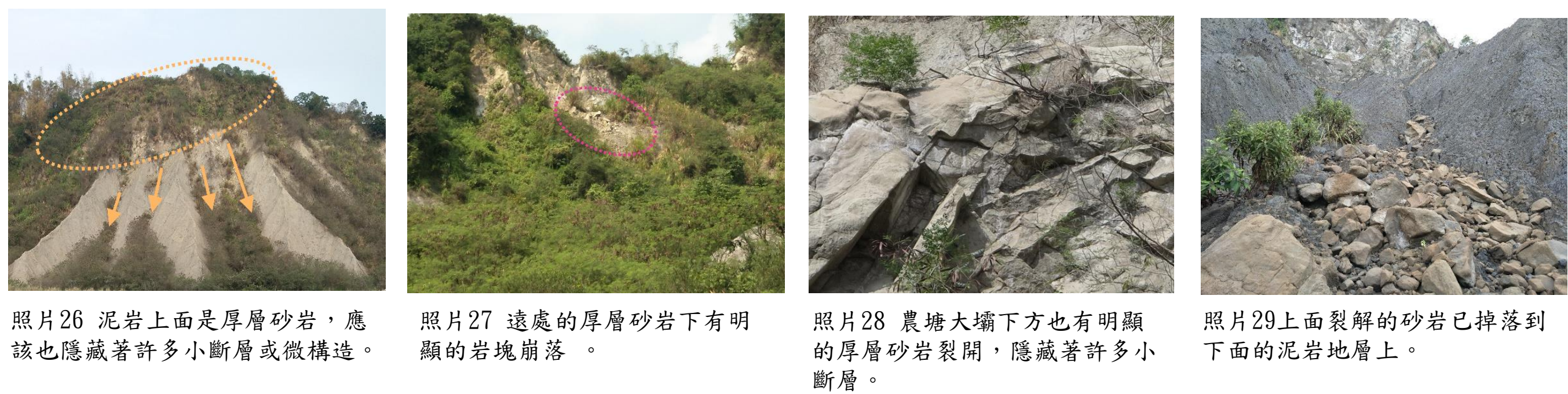
照片24 農塘西邊的泥岩邊坡可以發現一些明顯的黑色斷層泥。



照片25 農塘東邊的小路旁也可以看到二至三條的黑色斷層泥。

在岩石裡留下許多小斷層的遺跡。網狀的微構造就是每次的地殼變動都會造成擠壓破裂，不同的力量方向有不同方向的裂痕，最後形成網狀的微構造奇景。

裂解的岩石最後將造成崩塌，並隨著陡峭的泥岩邊坡滑動到農塘附近，所以西邊的泥岩上面偶爾會出現砂質泥岩，顆粒比泥岩稍粗。裂開的岩石也容易造成滲水。(如照片26~31)



照片26 泥岩上面是厚層砂岩，應該也隱藏著許多小斷層或微構造。 照片27 遠處的厚層砂岩下有明顯的岩塊崩落。 照片28 農塘大埔下方也有明顯的厚層砂岩裂開，隱藏著許多小斷層。 照片29 上面裂解的砂岩已掉落到下面的泥岩地層上。

另外，我們也查了一下中央地質調查所網站，發現牛埔農塘也是屬於地質敏感區(如圖6)，表示牛埔附近的地層不穩定，岩層有很多破裂，容易發生山崩或地滑的災害。經過我們現場調查也可以證實牛埔地區確實是地質不穩定。

(四)牛埔農塘是淤積了多少的泥岩?

牛埔農塘透過google地圖做量測，東西向實際長度為263.72公尺，南北向實際長度為219.77公尺。再以方格紙方法計算農塘的面積，實際到現場測量工程開挖深度，就可以估算全部泥岩沉積的總體積(總泥量)，測量結果圖7、照片32~33及計算式。

牛埔農塘的淤積泥量計算如下：

1. 現計算地圖上實際的一個方格長度到底有多少? $263.72 \text{公尺} \div 35 \text{格} = 7.53 \text{公尺}$

2. 計算方格總數，不滿一個的算半格。完整的方格數=281

不完整的方格數=2=142÷2=71

總方格數=281+71=352

3. 計算牛埔農塘衛星圖的湖面面積。

$7.53 \text{公尺} \times 7.53 \text{公尺} \times 352 \text{個} = 19958.72 \text{平方公尺}$

4. 計算農塘裡的總泥量。

我們藉著農塘清淤工程到現場實際測量淤泥的堆積深度約有11.3公尺(水中涼亭的立牌寫12公尺)

總泥量= $19958.72 \text{平方公尺} \times 11.3 \text{公尺} = 225533.50 \text{立方公尺}$

一個標準游泳池的儲水

= $25 \times 50 \times 2 = 2500 \text{立方公尺}$

$225533.50 \text{立方公尺} \div 2500 \text{立方公尺} = 90.21 \text{個標準游泳池總泥量}$

四、牛埔農塘有趣的泥裂地形

牛埔農塘在泥沙不斷的往下沖刷，兩年前就開始發現有乾枯的情形，一直到2019年底完全乾枯，開始有泥裂的發生，泥裂的形狀看起來好像有規則，但詳細看又不太規則，非常有趣。

(一)發現有趣的泥裂地形

1. 泥裂的形狀統計

我們以照片的取樣方式，統計三個方向的泥裂形狀，結果如圖8及照片34~37。

現場統計泥裂的形狀不是很容易，但透過照片就比較容易。我們由三個方向(南往北、東往西和西北往東)進行拍照及統計，我們發現：不管往哪個方向統計，都是以【四邊形】的泥裂最多，其次是三角形或五邊形。

2. 泥裂的深度和寬度

牛埔農塘的泥裂受水份的影響，泥裂的寬度和深度在乾季會愈來愈大。牛埔農塘的泥裂在無外力的影響時，裂縫最大寬度可達15公分，裂縫最大深度都不會超過1公尺。即使是下游的埤底溝的泥裂最大深度也可達80公分深，但寬度受崩塌影響(比較砂質)，最寬可達30公分。(如照片38~43)

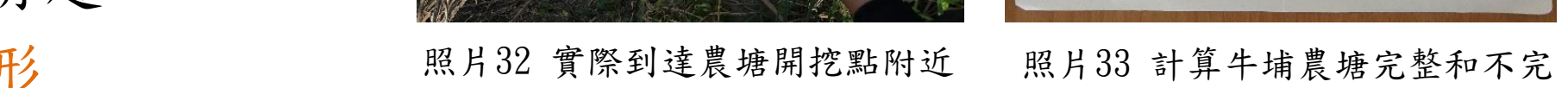


圖7 牛埔農塘以方格紙套圖計算大約面積

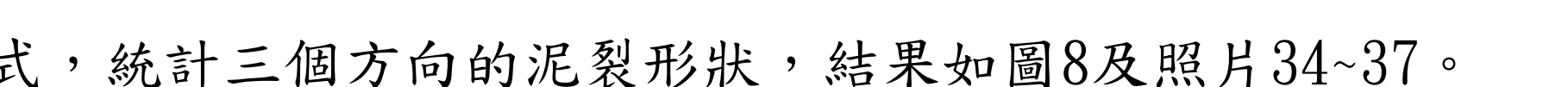


圖8 牛埔農塘附近山崩與地滑地質敏感區(擷取自中央地質調查所網站)

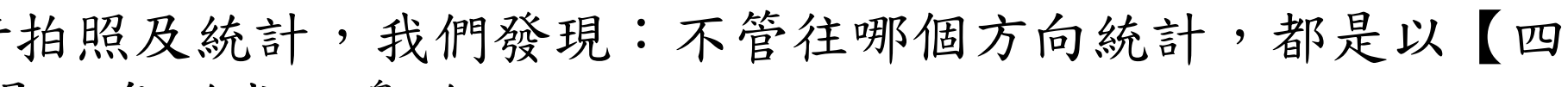


圖9 埤底溝表層及表層下10公分的泥裂比較



圖10 牛埔農塘泥漿在鹽度及泥岩顆粒大小的泥裂比較



圖11 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布統計圖

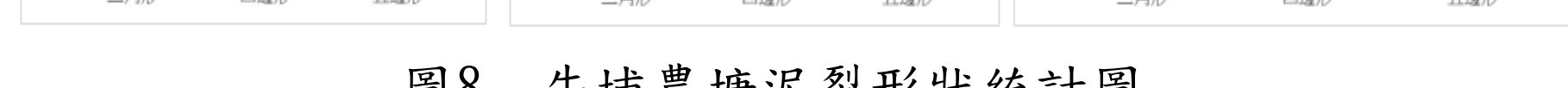
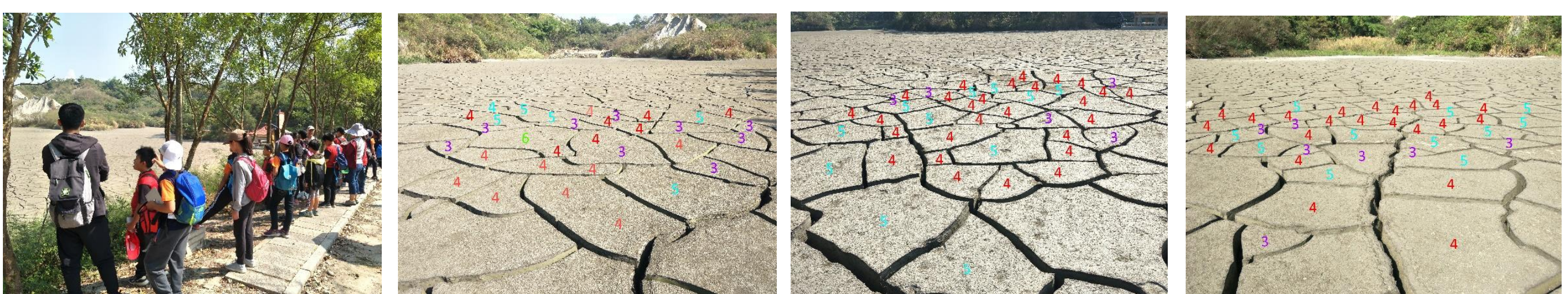


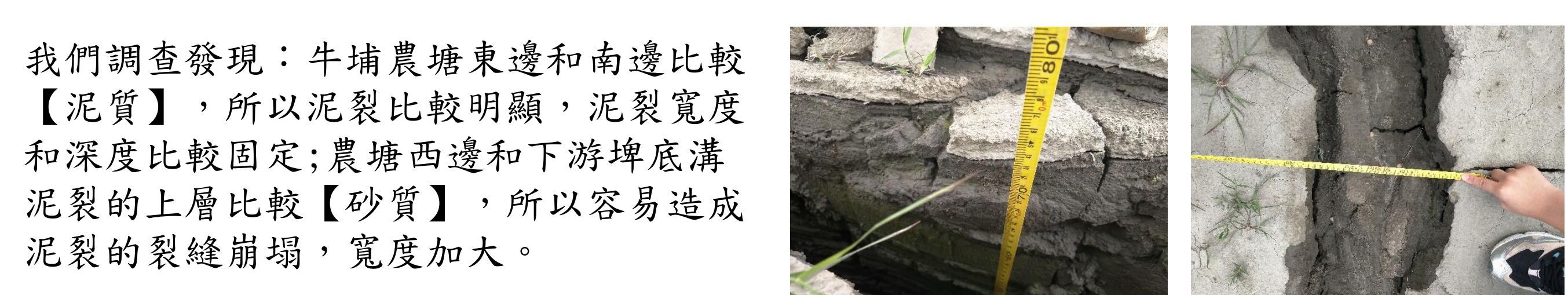
圖12 牛埔農塘西邊表層粉砂之累積次數分配圖



照片34 水土保持戶外教學發現牛埔農塘已變成牛埔泥塘。 照片35 南往北方向統計 ▲9個, ■17個, ●5個。 照片36 西往東方向統計 ▲7個, ■23個, ●11個。 照片37 東往西方向統計 ▲5個, ■27個, ●11個。



照片38 泥裂的裂開的角度幾乎接近九十度。 照片39 實際量測泥裂的寬度和深度。 照片40 泥裂的深度使用測距儀可以非常準確測量。 照片41 牛埔農塘的泥裂深度都沒有超過一公尺。



照片42 下游埤底溝的泥裂深度也不超過一公尺。 照片43 下游埤底溝的泥裂寬度最大可達30公分。 照片44 泥裂的上層有兩層各約10公分的平行地層。 照片45 超過20公分以下是比較潮濕的泥岩，分層比較不明顯。 照片46 表層的泥裂可以描出許多層，很像千層派。 照片47 埤底溝的泥裂上層也是像千層派(乾燥)，下層約超過十公分是比較潮濕的泥岩。

3. 泥裂的下層是什麼?

泥裂的表層約有20公分是平行的地層，而且是乾燥的地層，看起來是比較沙質的泥岩，後面也會有實驗可以證明。我們實地觀察牛埔農塘及下游的埤仔溝，都有類似的現象。(如照片44~47)



照片48 埤底溝地層表層的取樣泥裂模擬實驗。 照片49 埤底溝地層下層10公分的取樣泥裂模擬實驗。 照片50 牛埔農塘的泥岩鹽度為0.3。 照片51 埤底溝的泥岩鹽度也是0.3。

我們的調查發現：牛埔農塘的泥裂表層比較厚，約有20公分；埤仔溝的泥裂表層比較薄，約有10公分。我們推測可能和泥漿深度有關，或者是下層的含水量不同所造成。

後面我們將對泥裂的水份變化做一詳細的實驗與紀錄，希望可以知道一些原因。

(二)泥漿到泥裂的水份消失情形

農塘變泥塘，淤積的泥漿又如何變成泥裂，水份又如何變化，以下有一些室內實驗可以觀察。(如照片48~49)

1. 泥漿的水份變化

實驗方法：我們實地採集埤底溝的泥裂上層(10公分，粉土質泥岩，乾燥)及下層(10公分，泥岩，潮濕)回學校做實驗。共分四種型態：1. 上層厚層粉土質泥岩。2. 上層薄層粉土質泥岩。3. 下層厚層泥岩。4. 下層薄層泥岩。全部加水100C.C.達到飽和模擬泥漿，並倒掉多餘溢出的水，採室內自然晾乾，記錄重量及泥裂變化。

實驗結果：如表3及圖8，發現薄層的泥質泥岩或砂質泥岩前14天的水分幾乎就已蒸發完；厚層的泥質泥岩或砂質泥岩含水量多，砂質泥岩蒸發速度稍快比較快乾，泥質泥岩則緩慢下降，一直到第42天才全乾。

表3 埤底溝泥裂表層取樣含水量(總重)變化

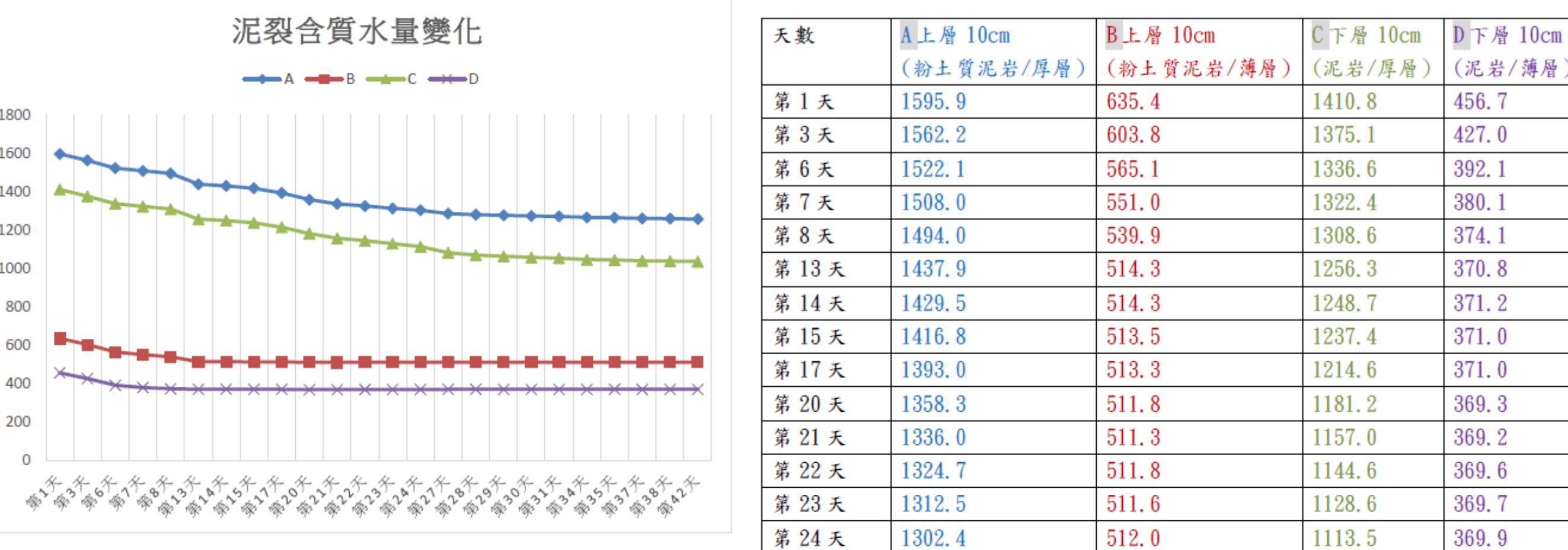


圖8 牛埔農塘下游埤底溝表層泥沙取樣水量(總重)變化統計圖

我們實驗後發現：由圖8可發現泥質泥岩或砂質泥岩的含水量下降變化量都很一致，唯一不同的是薄層的泥質泥岩或砂質泥岩完全乾燥後不再下降。厚層砂質泥岩和厚層泥質泥岩水分消失的差距愈來愈大。厚層泥質泥岩的水分減少最多，達26.63%。

在飽和的情況下，牛埔農塘泥岩剩餘含水量= $19958.72 \text{平方公尺} \times (11.3 - 1) \text{公尺} \times 21.51\% \div 2500 \text{立方公尺} = 17.68 \text{座游泳池的水}$ 。

說明：農塘深度約11.3公尺，扣除上層1公尺乾掉的泥漿層，沒乾的還有約10.3公尺。

2. 泥漿的厚度和顆粒大小如何影響泥裂的變化?

泥漿的顆粒大小及厚薄程度對泥裂是否產生影響，研究結果如照片48~49及圖9。

我們實驗後發現：

(1) 比較泥質的泥漿在完全乾燥後泥裂比較明顯，如薄層的泥岩。厚層的砂質泥岩剛開始前幾天的泥裂比較明顯，可能是砂質的泥岩比較容易蒸發，泥質的泥岩比較不容易蒸發。

(2) 砂質泥岩的總含水量不管是薄層或厚層差異不大，平均約20.29%。泥質泥岩的總含水量薄層和厚層差異較大，平均約22.74%。砂質泥岩和泥質泥岩的平均為21.51%。(牛埔農塘一公尺以下如果是飽和的泥漿，至少含有20%的地下水。)

(三)鹽度和顆粒大小對泥裂的影響

牛埔農塘的泥裂是否因鹽度或顆粒大小不同而有差異？

實驗方法：

1. 取牛埔農塘的泥質泥岩及砂質泥岩做比較。(160克泥+60克水)

2. 培養皿(100毫升)的兩種泥岩分別加入0克、1克、2克和3克的鹽，每天觀察泥裂及水份的變化。

3. 實際量測牛埔農塘及埤底溝的泥岩鹽度。(如圖10及照片50~51)



圖10 牛埔農塘泥漿在鹽度及泥岩顆粒大小的泥裂比較

我們實驗後發現：

1. 泥質泥裂比砂質泥岩容易泥裂，但鹽度對泥裂的影響並不大。

2. 砂質泥岩和泥質泥岩加鹽後的泥裂雖然不明顯，但對泥砂的濕度卻有明顯的不同。10天後比較兩種泥岩，鹽度高的泥岩仍然含有水分，0克的則已全乾了。

3. 牛埔農塘的泥岩鹽度低，我們推測鹽度在這裡的泥裂影響並不大。

(四)泥沙顆粒大小真的對泥裂有影響嗎?

1. 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分析(文昌筆下面)

實驗方法：搖篩步驟，取40、50、70、100、150及200號篩進行完整的搖篩實驗，時間5分鐘，去結塊後再搖1分鐘。

實驗結果：如圖11~12及照片52。

我們發現：牛埔農塘西邊表層粉砂的粒徑較大，可能是來自到西邊的厚層砂岩(文昌筆下方)侵蝕下來的泥砂。這裡的個別泥裂面積比農塘的東邊和南邊大。

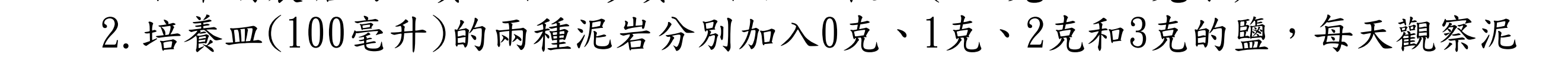


圖11 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布統計圖

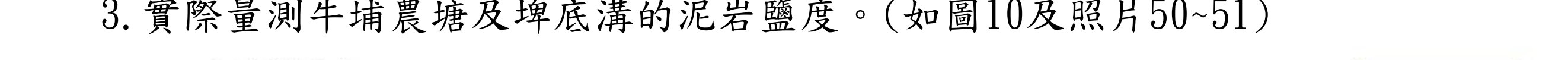


圖12 牛埔農塘西邊表層粉砂之累積次數分配圖

照片52 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布

圖11 牛埔農塘西邊表層粉砂之粒徑分布統計圖

圖12 牛埔農塘西邊表層粉砂之累積次數分配圖

2. 牛埔農塘西邊表層下10公分砂質泥岩之粒徑分析

實驗方法：同前。

實驗結果：如圖13~14及照片53。

我們發現：牛埔農塘西邊表層下10公分粉砂的粒徑較小，但平均粒徑也是接近粉砂的程度，可能主要也是來自到西邊的厚層砂岩侵蝕下來的砂。附近的個別泥裂面積也比較大。



圖13 牛埔農塘西邊表層下10公分之砂質泥岩粒徑分布統計圖

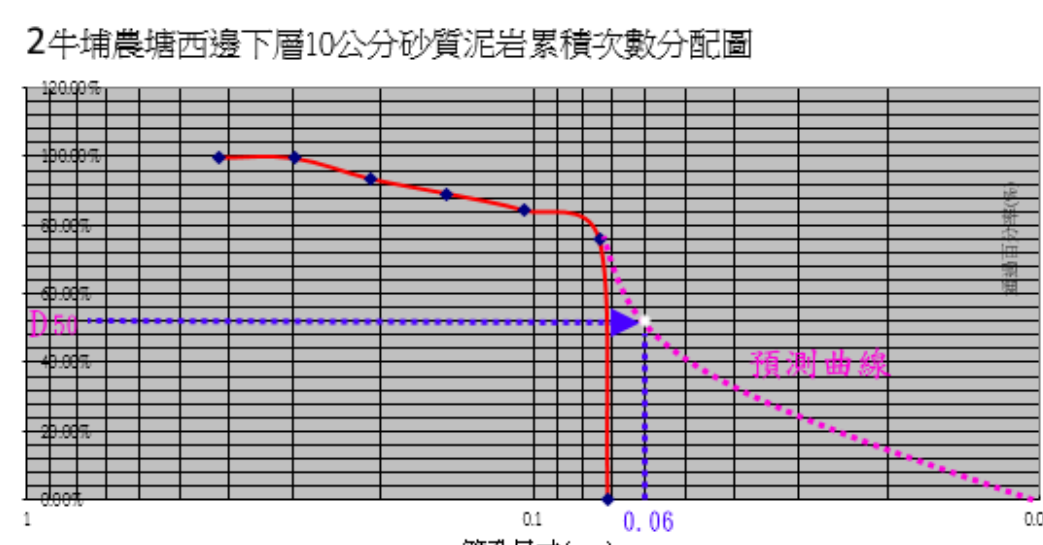


圖14 牛埔農塘西邊表層下10公分砂質泥岩之累積次數分配圖

3. 埤底溝表層砂質泥岩之粒徑分析

實驗方法：同前。

實驗結果：如圖15~16及照片54。

我們發現：牛埔農塘下游埤底溝粉砂的粒徑約0.06mm，是屬於粉砂的泥岩，可能也是來自到西邊的厚層砂岩侵蝕下來的砂。這裡的個別泥裂面積大小是全區最大的。



圖15 牛埔農塘下游埤底溝表層砂質泥岩之粒徑分布統計圖

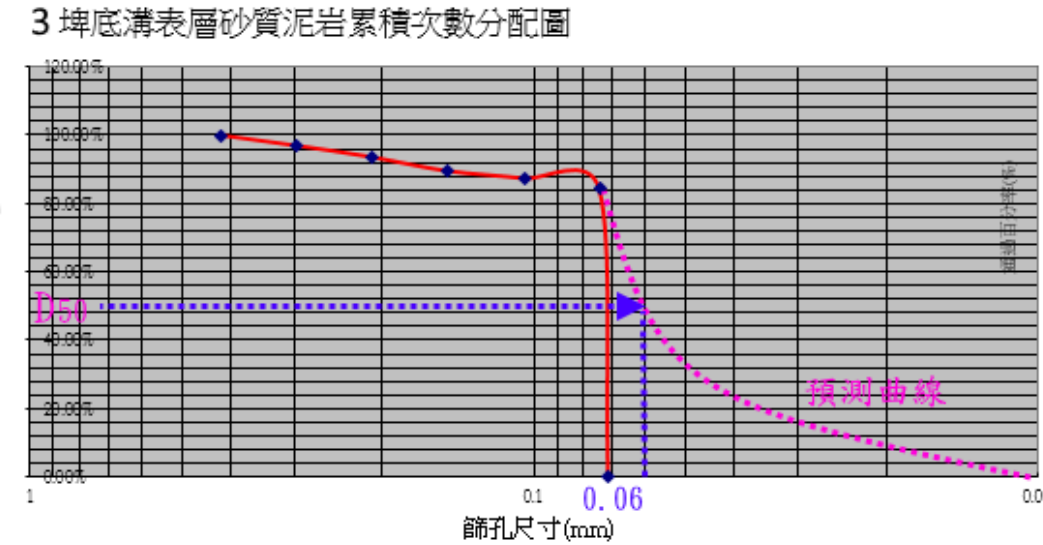


圖16 牛埔農塘下游埤底溝表層砂質泥岩之累積次數分配圖

4. 牛埔農塘溪邊野溪砂質泥岩之粒徑分析

牛埔農塘表層的砂質泥岩來源真的是西邊野溪帶來的嗎？於是我們特別找一天去追溯，分別在溪口及溪口往上游30公尺處取泥沙樣本。

實驗方法：剝除表層的風化土壤，取表層10公分以內的新鮮泥沙樣本回學校晾乾做搖篩分析。方法同前。

實驗結果：如圖17。

我們發現：牛埔農塘西邊的野溪，由溪口往上游進行泥沙取樣，發現平均粒徑大小都比牛埔農塘大，而且往上游有粒徑越來愈大的趨勢。因此靠近農塘西邊的個別泥裂面積都會比較大。

(1) 牛埔農塘野溪溪口

(2) 牛埔農塘野溪溪口上游30m處

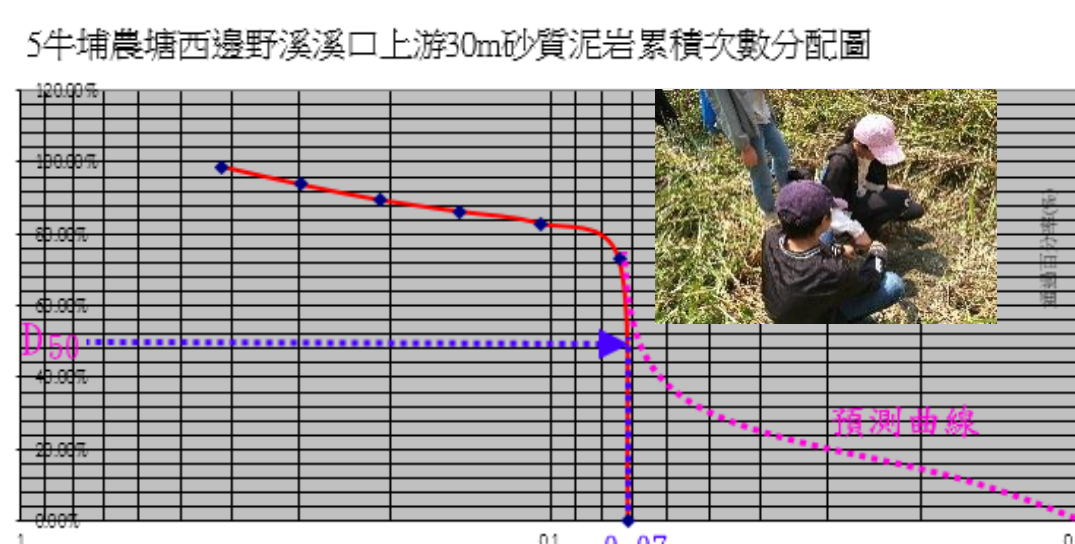
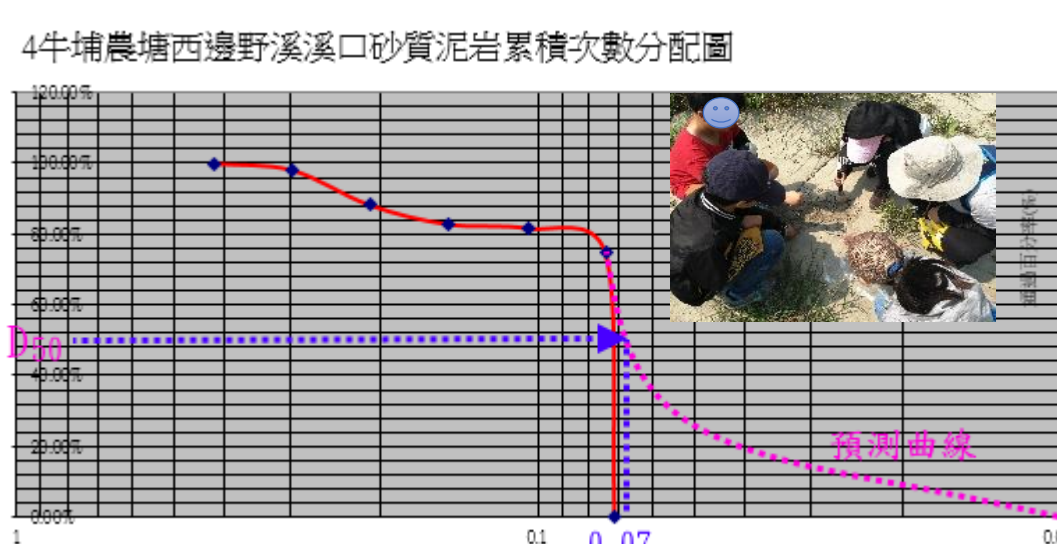


圖17 牛埔農塘西邊野溪溪口表層砂質泥岩之累積次數分配圖

5. 牛埔農塘南邊表層(10cm內)泥質泥岩之粒徑分析

實驗方法：剝除表層的風化土壤，取表層10公分以內的新鮮泥沙樣本回學校晾乾做搖篩分析。方法同前。

實驗結果：如表4。

我們發現：比較泥質的泥岩因顆粒小，泥沙都堵住篩孔，無法順利過篩，因此無法用搖篩分析。但用手搓揉會沾手，確定是比較細的泥岩沒錯。附近的個別泥裂面積也比較小！

表4 牛埔農塘南邊表層(10cm內)泥質泥岩粒徑分析各篩網堵塞情形

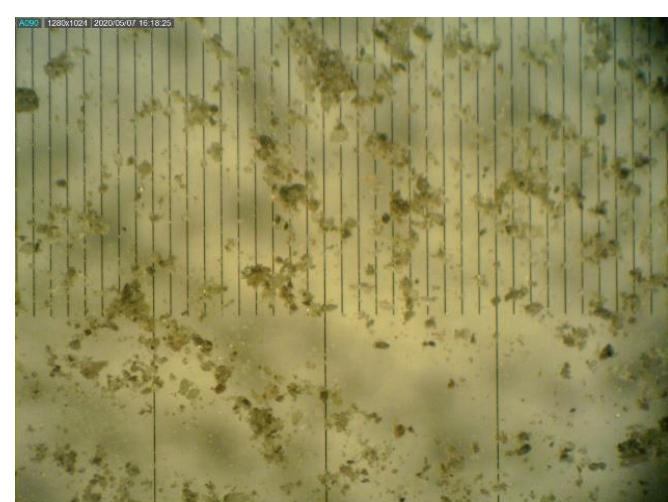
篩網大小	40號篩	50號篩	70號篩	100號篩	150號篩	200號篩	>200號篩
照片							
說明	結塊的泥岩已不多。	還可以看到結塊的顆粒。	可以看到細小的顆粒，但篩網有阻塞。	大部分的顆粒都停留在這裡，並嚴重堵塞。	雖顆粒細，但能通過的顆粒不多。	能通過的顆粒也不多。	篩孔堵塞最多的變最少。

6. 顯微鏡下的泥砂顆粒

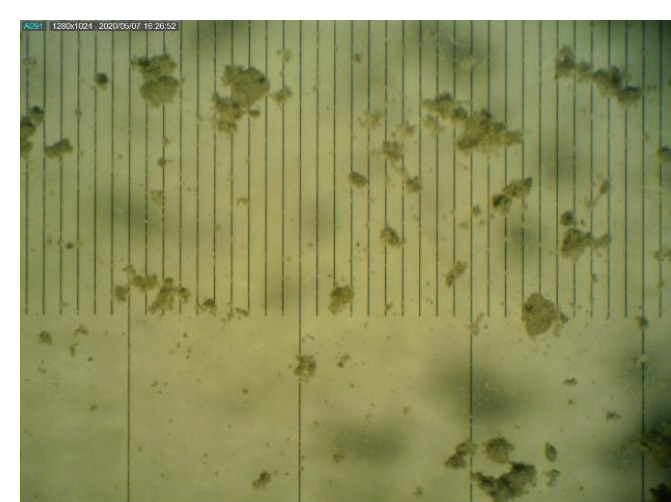
泥岩沒有辦法進行過篩分析，但可以用顯微鏡進行比較，照片55~56可以發現泥質泥岩顆粒的確比較細小。(顯微刻度尺最小單位為0.1mm)

(五) 農塘的泥砂來源和分布

牛埔農塘的西側為砂質泥岩、北側和東側為泥質的泥岩，經過我們仔細調查發現與西邊的上層砂岩有關，西邊的野溪帶來的泥沙粒徑較大，詳如圖18的說明。



照片55 砂質泥岩的顆粒大小很接近0.1mm，顆粒較大而且粒徑分開。



照片56 泥質泥岩的顆粒比較小，而且有很多膠結的顆粒。

五、湖泊和河流的泥裂比較

經過我們詳細的調查研究，發現牛埔農塘的湖泊西邊的泥裂和下游河流(埤仔溝)的泥裂大小都比較大，經過上面的實驗研究發現與泥岩的顆粒大小有關，顆粒大小影響個別泥裂的面積大小。沉積的泥岩顆粒愈大(含砂質)，泥裂就愈大；顆粒愈小，泥裂就比較小。

以下圖18就是牛埔農塘和下游埤底溝的泥裂大小分布圖，大泥裂(顆粒大)分布在西邊和下游，較小泥裂(顆粒小)分布在牛埔農塘南邊和東邊，如照片57~58。

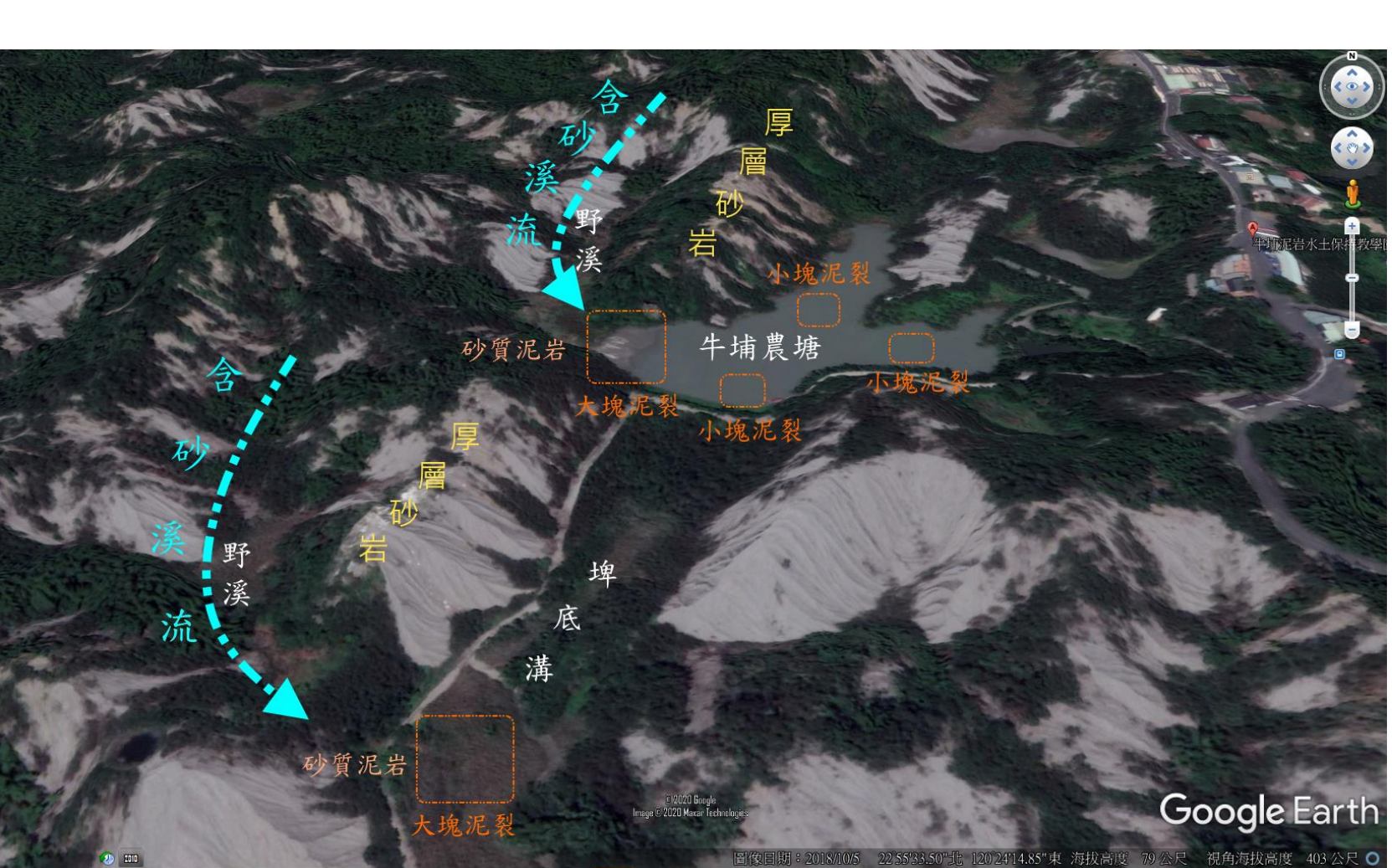


圖18 牛埔農塘與埤底溝大小泥裂分布示意圖

六、泥裂崩塌了

在這次的戶外考察研究時，因剛好遇到水土保持戶外教室整修，農塘的淤泥也需要開挖，因此可以看到不曾見過的泥裂崩塌。非常壯觀，深深吸引

著我們的目光。(如照片59~62)

我們的實地觀察發現：

- (一) 泥裂的下層還有沒乾的泥岩，在重力的擠壓下出現像爆漿饅頭一樣，出現下層較濕的泥漿被擠出，非常有趣！
- (二) 湖底開挖造成上層泥裂失去支撐力而下陷，失去重心的泥岩全部往湖底滑動，這種情形應該不容易見到。
- (三) 傾斜後的泥裂，本來是水平的表面最後都朝向湖面傾斜，實際量測最大可達30度角或超過一些。
- (四) 泥裂的下方是比較泥質的泥岩，而且比較沒有水平的層次。



照片59 牛埔農塘北邊的開挖造成南邊、東邊和西邊的泥裂失去重心而往北邊傾斜。



照片60 泥裂下面還隱藏著許多泥漿，很像爆漿饅頭。



照片61 崩塌的泥裂傾斜角可達30度或更大。

七、聯想：泥岩區也會發生土壤液化嗎？

根據本校第56至58屆的科展研究，發現河邊的泥砂都很容易發生液化。一般來講平均粒徑在0.07~0.20mm都比較容易發生液化(參考自全國第56屆國中科展)。

(一) 牛埔農塘西邊表層砂質泥岩的土壤液化可能推測

牛埔農塘的西邊和埤仔溝溪的表層泥砂顆粒大小的平均粒徑大小都在0.06mm左右，比較西邊的野溪河道泥砂平均粒徑也可達到0.07mm，雖可達到液化的可能，但本地區屬泥岩地質，溪流短水又少，比較下層的泥岩層顆粒應該較細，看來這裡的砂質泥岩雖有液化的可能，應該比較不會發生。

如果會發生液化，可能是表層的砂質泥岩在高水位時，同時又發生大地震(五級以上)，但機會應該不是很大。

(二) 牛埔農塘西側及野溪溪口表層砂質泥岩的液化實驗

我們實際拿牛埔農塘表層的砂質泥岩和泥質泥岩各約1600克，各加水30、60及90cc均勻攪拌後，開始模擬地震搖晃(15cm範圍內，頻率1次/秒)。

我們發現：只有砂質泥岩在水位夠高(90cc)時，約搖晃20下就有液化的現象，水被排出並失去支撐力，而泥質泥岩則沒有發生液化。(如表5及照片63)

表5 牛埔農塘埤底溝砂質泥岩(粉沙)土壤液化實驗



照片63 左邊的砂質泥岩在晃動後有明顯的液化現象，右邊泥質泥岩就沒有。

材料及水量	搖晃10下 (頻率1次/秒)	搖晃20下 (頻率1次/秒)	搖晃30下 (頻率1次/秒)	搖晃40下 (頻率1次/秒)
砂質泥岩 加水30毫升	沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
砂質泥岩 加水60毫升	沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
砂質泥岩 加水90毫升	沒液化	輕微液化	明顯液化	明顯液化
泥質泥岩 加水30毫升	沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
泥質泥岩 加水60毫升	沒液化	沒液化	沒液化	沒液化
泥質泥岩 加水90毫升	沒液化	沒液化	沒液化	沒液化

伍、討論

- 一、泥岩的水土保持非常的不容易，牛埔農塘的泥岩淤積經過十幾年的沖刷，最後農塘變成泥塘，有人稱它為夢幻湖，但因地質不穩定，沖刷量大，所以逐漸失去功能。詢問工程單位，好像只是部分的清淤。在侵蝕量大及施工不易的情況下，也許在幾年後又恢復為牛埔泥塘，到時再來清淤，歷史會一直重複發生，這應該是大自然的現象，最後達到平衡。
- 二、本次研究發現泥裂底層的泥岩顆粒較細，可能還有一些變化。另外，我們發現農塘的東邊個別泥裂面積都比南邊和西邊小，除了泥砂粒徑大小外，是否和深度或其他因素有關，需我們再進一步研究。

陸、結論

- 一、牛埔農塘位於月世界地形內，有許多堆積的泥岩，因地層裡有一些小斷層發生，地形又陡峭，地層狀況非常不穩定，是屬於地質敏感區，經實地調查發現這裡真的很容易發生山崩和地滑。
- 二、牛埔農塘範圍內的四周，除了南邊大壩地勢較低外，東邊、西邊和北邊地勢都比較高，高度走向最低點都是在湖的中心，也是雨水、河水和泥砂的集中點。
- 三、牛埔農塘附近月平均降雨量都集中在五到八月，侵蝕量應該也是最大的季節，建議如果有清除淤泥最好在五月前完成。
- 四、農塘的四周因紋溝、泥裂、小斷層及地形陡峭(邊坡脊部和邊坡側邊的平均都大於50度角)，所以泥流或泥塊流很容易發生。
- 五、農塘的西邊山頂有厚層砂岩，因小斷層或微構造多，有如蜘蛛網狀，造成許多大小碎塊崩落，是非常不穩定的地層，附近泥岩區也有發現許多小斷層。
- 六、牛埔農塘的泥砂堆積量經我們實地量測計算，約超過90個標準游泳池的總泥量，如果除以興建15年計算，每年約有6座游泳池的泥岩堆積量。泥塘一公尺以下是沒有乾的泥漿，如果是飽和的狀態下至少還含有約20%地下水(棲留水)，約有17座游泳池的水。
- 七、牛埔農塘內的泥裂形狀最多是四邊形，泥裂裂縫寬度約30公分內，泥裂在開挖後發現有造成較大的泥裂裂縫寬度，但泥裂深度都沒有超過一公尺。
- 八、泥裂崩塌後發現下層是較為更潮濕的泥漿，顆粒也比較細。表層約10至20公分的泥裂部分較為砂質。
- 九、泥質泥岩的泥漿在完全乾燥後泥裂比較明顯，鹽度增加並不會造成泥質泥岩或砂質泥岩明顯的泥裂發生，但鹽度較高的泥漿乾燥速度比較慢，也會影響到泥岩的含水量變化。
- 十、牛埔農塘西邊表層和埤底溝的砂質泥岩粒徑較大，形成的個別泥裂面積也較大。比較砂質的泥岩經地質圖及現場調查，發現主要是來自西邊的厚層砂岩，推測是風化後流到兩條小溪流，所以泥裂的表層會比較砂質，影響到泥裂的個別面積大小。
- 十一、泥裂在開挖後會發生泥裂的崩塌，下層的泥漿也會被擠壓出來，很像爆漿饅頭，這種現象非常少見。
- 十二、牛埔農塘的泥砂粒徑分析實驗，發現農塘西邊、西邊野溪及埤底溝的泥砂顆粒平均粒徑在0.06~0.07mm上下之間。如果只考慮到粒徑大小是有液化的可能性，但下層(1公尺以下)實際上是更泥質的泥岩，透水性差，要發生土壤液化的機會好像不大，如果真的會發生可能是在西邊比較粉砂質的小溪流附近。

柒、參考文獻

- 一、中華民國歷屆科展作品：第47、48、56、58屆。
- 二、國際科展：2002年。