

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

第二名

080501

「濁」毋庸議

—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

學校名稱：彰化縣溪州鄉成功國民小學

作者： 小五 蔡雨竹 小五 邱定謙 小五 楊庭瑜 小六 周子洪	指導老師： 周元璋 邱盈嘉
---	---------------------

關鍵詞：濁水溪、濁度、測量濁度

作品名稱：「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

摘要：

我家附近水溝每年都要清，濁水溪真有這麼濁嗎？是否濁水帶來淤泥？還是只有我們家是這樣的？我們學校前的荊子埤圳，河水混濁但卻看不見淤積的泥沙，到底是甚麼原因造成的？濁水溪中下游的主流裡的溪水是否也是這樣？要怎麼測量濁度呢？我們想研究濁水溪的「濁」度及如何測量。於是蒐集濁水溪及附近的溪水和泥沙回來做實驗。

結果發現：

- 一、西畔分校泥沙減重多含水高。溪州大橋及水里龍神橋都是細沙蒸散快。
- 二、雨後的水含沙量高，水較濁。梅雨季含沙量均提高。
- 三、【一】灑水泥沙向外擴散，西畔分校的泥塊堅硬土質不同。
【二】灌溉溝渠之泥沙小而黏稠，易結塊，懸浮物造成混濁。主流顆粒大。
【三】坡度越高，易將泥沙、石塊帶走；沖的時間久，易被沖走；顆粒小易被帶走。
- 四、透光率最低是彰雲大橋，次是岸角牌樓。梅雨後透光率皆低。流動的水透光率低濁度高。水里街上的岩層不同，泥沙少，濁度低。
- 五、主流雨後較清澈，而灌溉溝渠雨前較清澈。雨後則濁度變高，透視度變低；主流雨後稀釋，泥沙量變多，透視度高。
- 六、多處透視深度可達 13 cm，三處約 3-4 cm。雨後：僅岸角田變濁，其他透視度仍深。梅雨季後：水變濁，透視度 2 cm 以下。
- 七、直射與散射發電量呈反比。濁度高：光線穿透少，直射線發電量低，散射多，90 度角發電量高，可量化測量。
- 八、濁度高浮標下沉深；濁度低浮標下沉淺。與原先濁度高，浮標上浮的假設相反。
- 九、流速快，濁度高，流速慢，濁度低。靜止時濁度最低。
- 十、西畔分校與集集攔河堰有非土壤有機質。顆粒大小以溪州大橋最大、而水里工程與水里街上無懸浮顆粒，與濁度實驗相同。

壹、研究動機

我們家的田都是引濁水溪的水灌溉，因此每到過年前稻子收割完，總是會有挖土機來清水溝中的淤泥。每年都要清水溝一次，讓我好奇的是濁水溪的水真有這麼混濁嗎？還是只有我們家這邊是這樣的？我們學校前的荊子埤圳，河水的流速快，流量大，水混濁但卻看不見淤積的泥沙，到底是甚麼原因造成這樣呢？還有濁水溪中下游的主流裡的溪水是否也是這樣？還有家裡附近的灌溉水溝，每年要清淤泥，是否都是濁水帶來的淤泥呢？有沒有方便測量濁度的方法或器材？因此我整理了一些問題去請教老師，帶我們來了解濁水溪的「濁」度及形成的原因。

於是我們開去蒐集學校附近、田裡的灌溉水溝這些中下游的代表點的溪水和泥沙回來做研究實驗。

農田水利會一年清一次水溝泥沙，先以挖土機集中，再以卡車清運	同學在西畔分校採水樣本情形	同學在彰雲大橋採水及泥沙樣品照
		

貳、研究目的

- 一、調查濁水溪中下游的附近環境並記錄溪水的 pH 值與導電性。
- 二、了解濁水溪的管理機關（第四河川局）與監測功能。
- 三、了解濁水溪的泥沙含水量及溪水含沙量百分比。
- 四、了解濁水溪的泥沙沖刷、擴散、懸浮等特性。
- 五、了解不同坡度的泥沙沖刷情形。
- 六、運用透光率的方式來測量溪水濁度。
- 七、運用透視度的方式來測量溪水濁度。
- 八、運用太陽能感光器測量透光率轉成發電量。
- 九、運用浮標來測量溪水流速與濁度的關係。
- 十、測量泥沙顆粒的大小。

參、研究設備及器材

溫度計、透明寶特瓶、水桶、塑膠繩子、漏斗、鏟子、塑膠袋、奇異筆、澆水器、花籃架、圍棋盤、木板水道、檯燈、照度計、標籤貼紙、單眼照相機、磅秤、視力檢查表、條碼數字、條碼圖、三腳架、尺、免洗杯、三用電表、滴管、濾紙、量杯、椅子、小湯匙、透明長水盆、墨水、透明塑膠盒、手套、太陽能感光器、噴漆、紙箱、量角器、雷射筆、透明玻璃瓶、量杯、鐵架、魚線、浮標、碼錶、捲線組、捲尺、細透明管、量角器…等。

肆、研究過程或方法

活動一：濁水河流域採樣田野調查紀錄

- 一、方法：
 - 1.同學分七次到濁水溪中游及支流、灌溉溝渠，蒐集泥土及溪水樣本。
 - 2.每次採集溪水一保特瓶(約 700ml);及泥沙約一公斤。並記錄當地環境概況。
 - 3.「\」表示未採樣;「無」表示無法取得。
- 二、結果：如表 1、圖 1 所示。

活動二：第四河川局訪談重點摘要 (101 年 5 月 18 日 (五): 訪談規劃課王課長)

- 一、濁水溪的上游因為地質不同，水質沖刷土地的情形也有差異，像水里溪是清水，其餘支流是濁水。
- 二、測量水的流速和採樣用「流速魚」；含泥砂的單位計量是 ppm；計算流量則以河流剖面面積乘以距離來計算體積。
- 三、第四河川局最重要的功能是監測與管理，設有災情警報系統、監控攝影系統、流量監測系統以及河川巡邏、溪水利用等，具有管理、規劃、保護的功能。
- 四、濁水溪之「濁」，是水流量大，面積廣，上游坡度大，故沖刷大，而下游流面廣，故泥沙開始沉澱堆積。

同學訪問王課長，感謝全體規劃課招待	聽取濁水概況簡報	同學參觀水情中心，了解即時各處情形
		

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 1 採水與泥沙地點環境概述 (採樣期間：100.12.07~101.05.12 枯水期~梅雨)

地點		1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋 (邊)	7 彰雲大橋 (中)	8 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集攔河堰	12 水里工程區	13 水里街上	14 水里龍神橋後
環境特徵	採水日期	12/10	12/10	12/7	12/31	1/18	12/7	12/7	12/31	1/18	2/2				12/25
	雨前	2/2	2/2	1/18	1/18	2/27		1/18	1/18	2/27	2/27	1/18	1/18	1/18	1/18
	雨後梅雨	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12
採水方式	雨前	涉水	涉水	涉水	垂降	垂降	涉水	涉水	涉水	涉水	垂降				涉水
	雨後	垂降	垂降	涉水	垂降	垂降		垂降	涉水	涉水	垂降	垂降	涉水	垂降	涉水
	梅雨	涉水	垂降	涉水	垂降	垂降	垂降	垂降	涉水	涉水	垂降	垂降	涉水	垂降	涉水
水流	雨前	流動	流動	靜止	靜止	流動	靜止	流動	靜止	靜止	靜止				流動
	雨後	流動	流動	流動	流動	流動		流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動
	梅雨	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動	流動
酸鹼值	平均	7.4	7.5	7.4	7.4	6.8	7.4	7.4	7.1	7.5	7.3	7.6	7.6	7.8	7.5
電阻	平均 kΩ	60.87	52.63	59.3	60.67	51.53	67.1	60.17	55.67	57.07	57.87	58.5	55.05	62.15	58.67
水溫 ℃	雨前	19	21	25	無	21	24	21	17	18	無				13
	雨後	無	無	20	無	18		無	18	19	無	無	19	無	16
	梅雨	28	28	25	25	29	23	24	27	26	22	無	28	24	27
土石顆粒	沙狀	沙狀	泥狀	泥狀	泥狀	沙石	泥沙	泥狀	泥沙	泥沙	沙狀	沙狀	大沙石	巨石	巨沙石
工程	有	無	無	無	無	有	無	無	無	無	有	有	無	有	
天氣	雨前	晴	晴	陰	陰	晴	晴	晴	晴	晴	晴				晴
	雨後	晴	晴	晴	晴	雨		陰	晴	雨	雨	晴	晴	晴	晴
	梅雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴

註 1：以下各圖表地點代號均同







2：以電子式 pH 值檢測計檢驗水的 pH 值的平均值

3：以三用電表測濁水的導電性，單位是 kΩ

「濁」毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水濁度測量法之研究

圖 1 採水地點位置圖



<p>同學採集樣本情形 (100.12.07)</p> 	<p>採集自強大橋下的樣本情形 (100.12.10)</p> 	<p>操作溪水導電性實驗照</p> 	<p>以電子酸鹼試計檢測水的 pH 值</p> 
<p>在蔴子埤圳明圳寮國小附近觀察河道開門 (後為水利會工作站) 101.01.18</p> 	<p>雨後同學在彰雲橋中垂降採水 (101.01.18)</p> 	<p>水里龍神橋後採水照(101.01.18)</p> 	<p>讀取溪水導電性數據</p> 

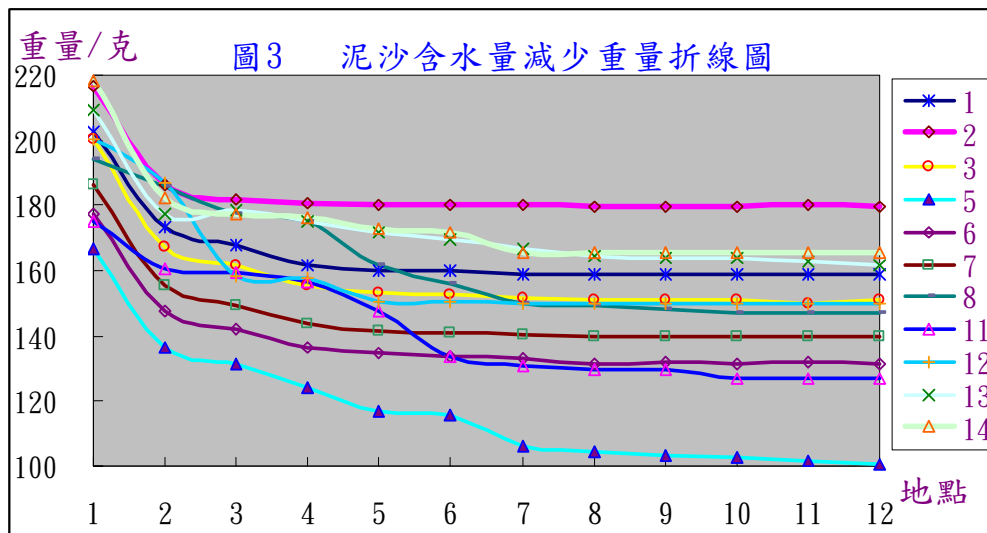
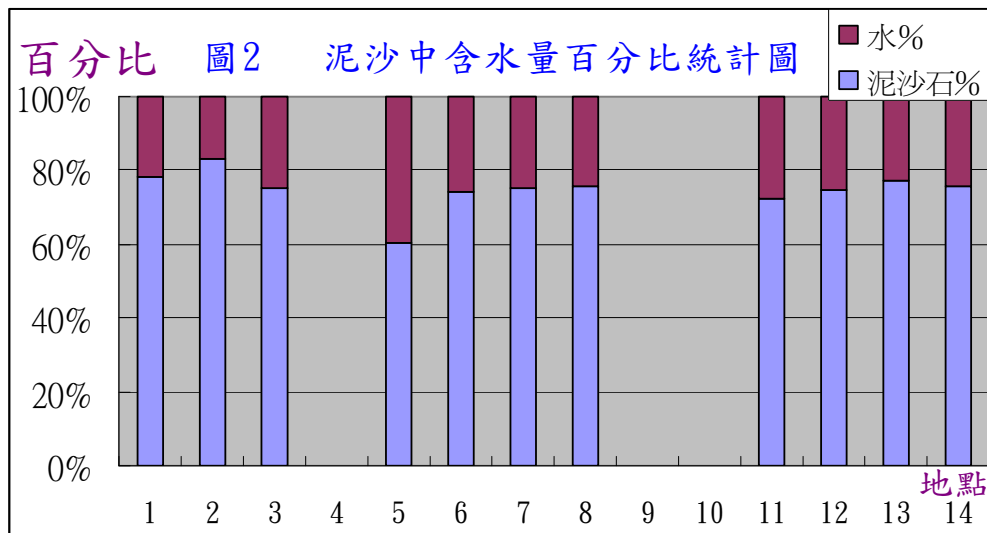
「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

實驗一：濁水溪泥沙的含水量實驗

- 一、步驟：(一) 將各處泥沙樣品以湯匙裝滿塑膠盒，每日測重量。
- (二) 記錄檢測結果做分析描述並計算分析含水量與蒸散速度。

泥沙樣本在陽台風乾照	同學將泥沙集中到塑膠盒中風乾並每日秤重	同學以電子磅秤秤重情形(每組泥沙約採 200 克)
		

二、結果：統計如圖 2、3 (詳如附件 3-4)



「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

三、說明：(一) 圖 2：西畔分校含水量高，其餘 20~25% 間。

(二) 圖 3：前三天蒸散最快，後趨於平緩，西畔分校泥沙減重多，表示含水量較高，泥沙的特質泥化。溪州大橋及水里龍神橋後的泥沙粉末狀，重量重且蒸散快。

實驗二：濁水含沙量實驗

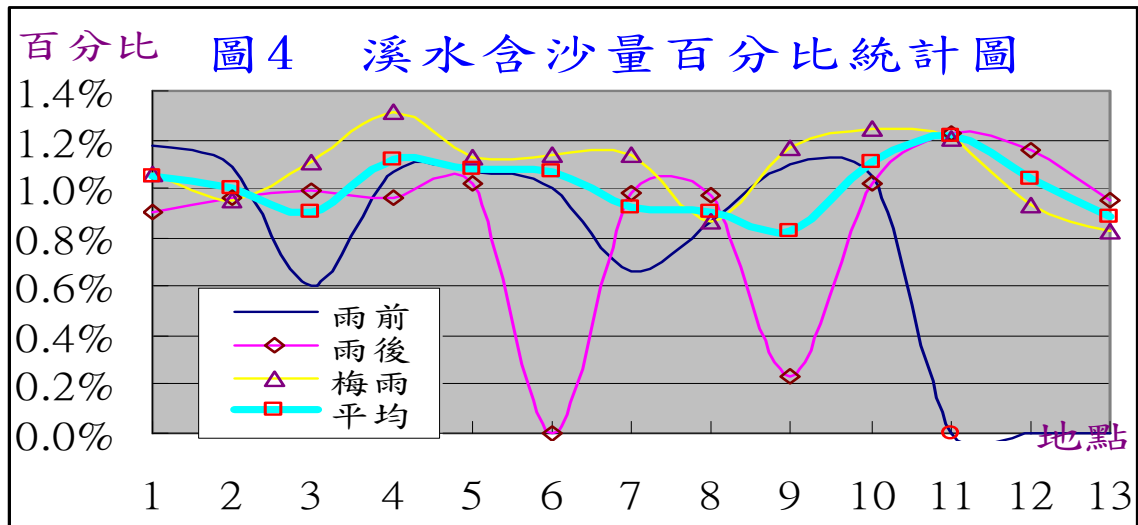
一、步驟：(一) 將各處的水各約 200 克，過濾泥沙及雜質。

(二) 採集的樣本加瓶子測一次重量，過濾的泥沙再測一次，減掉容器重為水毛重。

(三) 計算含沙量 (%)：【泥砂等雜質重 (B) ÷ 濁水重 (A-C)】× 100%



二、結果：如圖 4 所示 (詳如附件 3-4)



三、說明：梅雨季的含沙量圳寮國小最高，其次是岸角牌樓。雨後的含沙量較高，僅同學家邊表層被雨水稀釋，故泥沙百分比較低；岸角牌樓及西畔分校河流量較大，含沙量高，水較濁。梅雨季含沙量均高。

實驗三：泥沙的擴散、懸浮狀況實驗

【一】沖水觀察乾泥沙的擴散狀況實驗

- 一、步驟：(一) 將圍棋盤中央為圓心繪製五格的同心圓。
- (二) 乾掉的濁水溪泥沙放在圍棋盤中央。
- (三) 高 94 公分的澆水器沖刷，紀錄泥沙擴散的範圍面積。


同學分工合作，觀察泥沙顆粒及沖散狀況	同學操作沖泥沙實驗照	西畔分校的泥土乾掉後沖不開，且非常堅硬
		

二、結果：如表 2

三、說明：自強大橋、溪州大橋、前校門、彰雲大橋二處都是顆粒較小的細沙；水里三處的沙是顆粒較大的沙，還有小石頭；而西畔分校、集集攔河堰、岸角田、同學家邊的是泥沙，顆粒小易變硬塊，以水沖刷後，泥沙擴散：彰雲大橋的顆粒小被沖刷。西畔分校的堅硬，沖水不散，土質與濁水溪不同。岸角田及同學家邊的泥沙會沖散，黏稠性高，中心有泥塊，周圍則細粉狀泥塊被沖得較擴散。

【二】濁水溪泥沙擴散、懸浮實驗

- 一、步驟：(一) 以錄影記錄二次。在透明管狀水盆加滿水並劃上刻度。觀察泥沙下沉。
- (二) 記錄泥沙下沉及擴散的深度、懸浮狀況敘述。

同學先將水加至固定線	觀察記錄泥沙向下擴散的情形	無法立即散開時稍加攪拌
		

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 2：泥沙擴散程度實驗紀錄表

單位：格

地點 擴散 格數	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大 橋 (邊)	7 彰雲大 橋 (中)
擴散 範圍	1-5	1-5	1-5	無	1	1 及 3-5	2-5
擴散 狀況 概述	沙子的顆粒 小、鬆軟呈 粉末狀。	乾掉的沙子 鬆軟，粉末 狀。	顆粒小、 粉狀，散 開。	【因危險 未採樣】	泥土乾掉 後很堅 硬。	粉 狀 散 開。	粉狀。
沖水 前泥 沙狀				無			
方格 數	21	21	27	無	9	25	25
沖水 擴散 後照 片				無			
方格 數	140	117	160	無	9	184	214
地點 擴散 格數	8. 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集 攔河堰	12 水里 工程區	13 水里 街上	14 水里 龍神橋後
擴散 範圍	1-4	1-5	無	1	1-5	1-5	2-5
擴散 狀況 概述	泥沙乾掉 後很堅 硬。	泥沙乾掉後很 堅硬，附着性 高。小泥塊呈 粉狀。	略	泥土乾掉後 很堅硬。	在容器內附 著很難敲 下，顆粒大 小多樣化。	細沙加小 石子。	沙狀。
沖水 前泥 沙狀			無				
方格 數	8	8	無	8	29	26	25
沖水 擴散 後照 片			無				
方格 數	92	188	無	36	268	120	153

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

二、結果：如表 3

表 3：濁水溪泥沙擴散懸浮深度紀錄表

單位：公分

地點 次數	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋 (邊)	7 彰雲大橋 (中)	8. 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集攔河堰	12 水里工程區	13 水里街上	14 水里 龍神橋後
1	3-27	6-27	0-27	無	0-8	8-27	0-27	0-16	0-17	無	0-12	3-27	10-27	5-27
2	0-27	4-27	4-27	無	6-10	0-17	6-27	0-12	0-15	無	0-16	0-27	0-27	14-27
擴散狀況敘述	迅速下降，細粉沙下降。	沙石迅速下沉，乾淨無擴散。	黏土塊，顆粒迅速下降，粉狀物漂浮。	略	黏在小湯匙掉下來，粉狀物漂浮在水之上端，小顆粒掉下。	直接掉，小顆粒緩慢下沉，少部分漂浮在水之上端。	乾淨的細沙塊狀物掉，漂浮粉塵漸下降。	漂浮在表層，結塊於湯匙不落，塊狀下沉其餘仍漂浮。	結塊落下，大部分漂浮在上層，塊狀下其餘仍漂浮。	略	塊狀落下，下沉迅速，極少部分漂流在上方。	少部分飄在水上端，顆粒稀少，石迅速下沉。	稀少而透明，沙漸下沉。	落下塊狀物後再上揚，緩慢落下，石落下部分散開。

- 三、說明：(一) 灌溉溝渠之泥沙樣本顆粒較小而黏稠，乾燥後結塊變硬，下水後散不開，但為懸浮物造成混濁，粉狀泥漂浮上端。如西畔分校、岸角田、同學家邊等。
 (二) 灌溉溝渠是末端的水，水中的沙質顆粒小，黏稠性高，較混濁，且乾掉後會結塊。主流沙質顆粒大，故清澈無懸浮顆粒，乾掉較鬆散。

【三】濁水溪泥沙坡度沖刷實驗

- 一、步驟：(一) 將各處泥沙做坡度沖刷實驗，以 94 公分高架澆水器，接水管開至固定水量沖水。
 (二) 倒入泥沙樣本，墊高 15 公分後，觀察泥沙滑落狀況。
 (三) 再墊高 30 公分後，按相同步驟再做一次。


























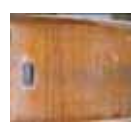





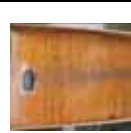



沖沙坡度實驗設備照	同學合作操作沖水實驗照	同學將泥沙裝盒再置於斜坡上沖水，約取相同量的泥沙做實驗
		

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

二、結果：如表 4

表 4：不同坡度泥沙沖散實驗紀錄表

單位：公分

地點 坡度	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大 橋(邊)	7 彰雲大 橋(中)	
十五公分	5 秒	1-85	1-85	1-85	無	沖不開	10-85	1-85
	10 秒	10-85	1-85	15-85	無	沖不開 大泥塊	50-85	20-85
三十公分	5 秒	60-85	20-40	1-85	無	沖不開	45-85	已沖完
	10 秒	已沖完	70 後	已沖完	無	大泥塊	已沖完	已沖完
顆粒 大小	細小	小	細	無	硬泥塊	沙	沙	
沖水前 泥沙狀				無				
沖水擴 散後 照片	十五公分				無			
	三十公分				無			
地點 坡度	8. 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集 攔河堰	12 水里 工程區	13 水里 街上	14 水里 龍神橋後	
十五公分	5 秒	沖不開	1-85	無	沖不開	1-85	10-85	10-85
	10 秒	大石 20-60 中石 20-60 小石 60-85	小石 1-85	無	沖不開 大泥塊	1-85	60-85	已沖完
三十公分	5 秒	1-85	1--20	無	小塊散開	20-85	35-85	已沖完
	10 秒	60-85	25-85	無	細泥塊被 沖走	小石 6 顆	已沖完	已沖完
顆粒 大小	散中泥塊	泥塊與小石	無	粉狀黏土	硬泥塊	泥沙小石	細沙	
沖水前 泥沙狀			無					
沖水擴 散後 照片	十五公分			無				
	三十公分			無				

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

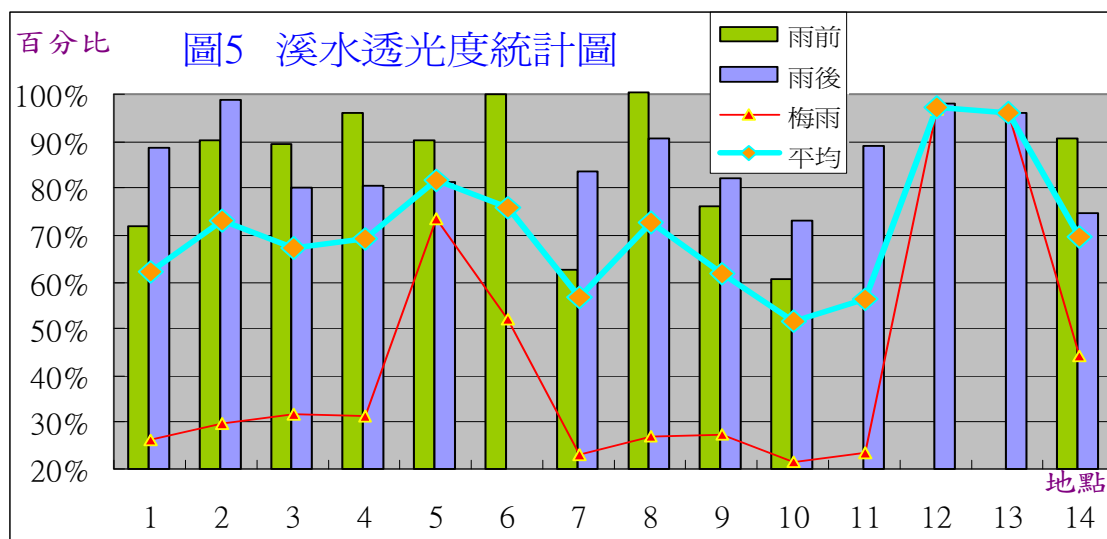
三、說明：坡度越高，越易將泥沙石塊沖刷帶走；沖的時間久，泥沙愈易被帶走；顆粒小易帶走，大則相反；上游的顆粒粗，下游多粉沙，易沖走。西畔分校和集集攔河堰屬黏土，黏稠性高，不易沖散。

實驗四：溪水透光度實驗

一、步驟：(一) 以檯燈照漆黑紙箱內，用照度器測量透光率。
 (二) 比照對照表完全透光：自來水為 100%；不透光：墨汁為 0%，換為百分比。



二、結果：如圖 5 (如附件 5)

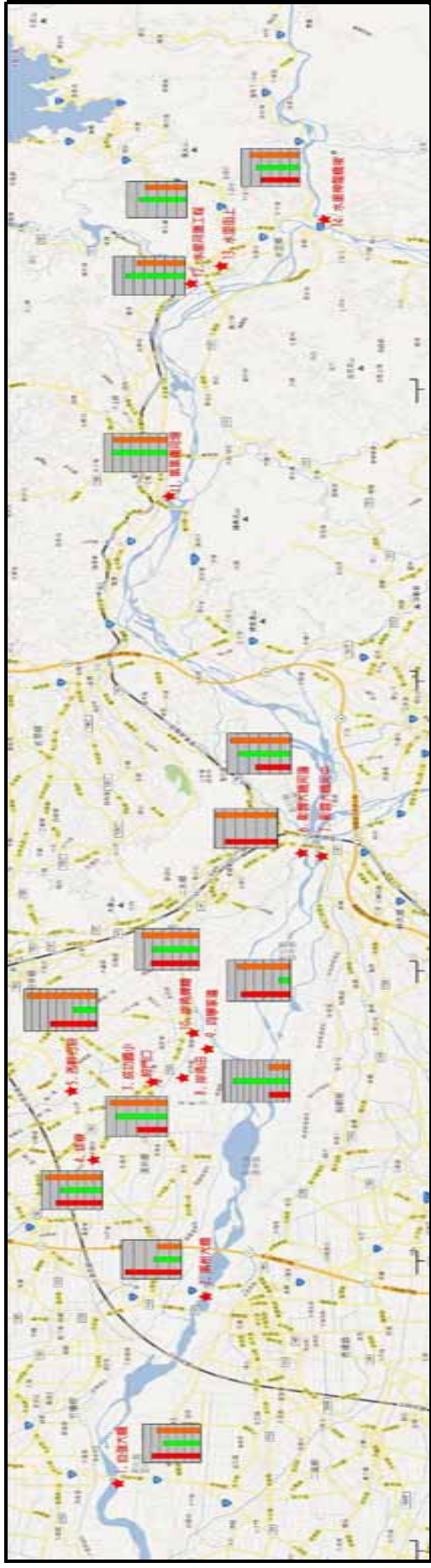


三、說明：雨前靜止的水透光較高（濁度低）；而流動的水透光較低（濁度高）。雨水沖刷溪水變濁之故；水里街上的水質清澈，是不同支流岩層不同，現場多大石塊少泥沙，故濁度低，不受雨影響。

「濁」毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水濁度測量法之研究

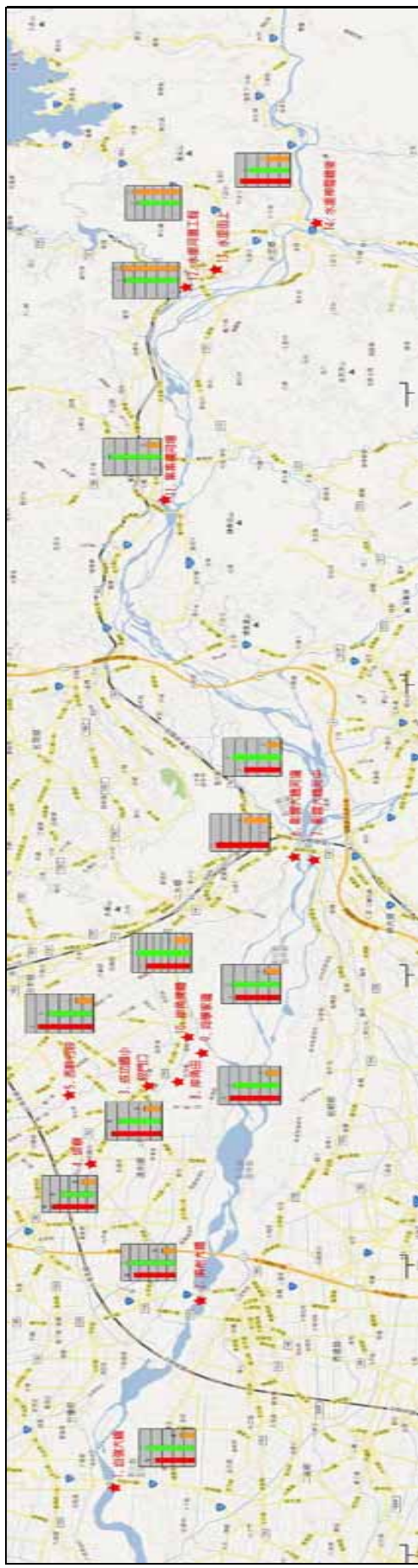
單位：%

圖 6 溪水含沙量示意圖



單位：LUX 折算為%

圖 7 溪水樣本透光率示意圖



「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

實驗五：濁水溪溪水透視度實驗

一、步驟：(一) 將濁水置於透明盆中。以視力檢查表、數字條碼、擴散條碼圖置於盆底做透視度實驗。

(二) 以光圈 18，快門 1/16 秒拍照。自來水及墨水為對照組。

簡易固定拍照設置	每位同學都可操作拍照	拍照紀錄並判讀數據
		

二、結果：如表 5、表 6、表 7、表 8、表 9

表 5：測量透視度紀錄表

採水時段	地點	1	2	3	4	5	6	7	8.	9	10	11	12	13	14
		自強大橋	溪州大橋	前校門	圳寮	西畔分校	彰雲大橋 (邊)	彰雲大橋 (中)	岸角田	同學家邊	岸角牌樓	集集攔沙壩	水里工程	水里街上	水里龍神橋後
視力檢查表	雨前	0.6	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	0.1	1.0	0.6	0.1	無	無	無	1.2
	雨後	1.2	1.2	0.4	0.4	0.4	無	1.0	0.7	1.2	0.6	0.4	1.0	1.2	1.2
	梅雨	0	0.2	0.2	0.4	1.2	1.0	0	0.4	0.4	0	0	1.2	1.2	0.4
數字條碼圖	雨前	1.4	4.0	2.5	4.0	4.0	4.0	0	4.0	2.2	0	無	無	無	3.2
	雨後	4.0	5.0	0	1.0	1.25	無	2.5	2.2	3.2	1.8	0	3.6	5.0	5.0
	梅雨	0	0	0	0	7.1	1.8	0	0	0	0	0	7.1	7.1	0
擴散狀條碼圖	雨前	1.4	2.8	2.0	2.8	2.8	2.8	0	2.8	2.0	0	無	無	無	2.8
	雨後	2.8	4.1	0	0	1.4	無	2.0	2.0	2.8	1.4	0	2.8	4.0	4.0
	梅雨	0	0	0	0	2.8	0	0	0	0	0	0	4.0	4.0	0

註 1：視力檢查表：自來水：1.2，墨水：0

2：數字條碼圖：自來水：5.0，墨水：0

3：擴散狀條碼圖：自來水：0.8，墨水：0

4：藍色表示濁度低能見度高；紅色表示濁度高能見度低

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究





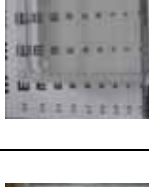


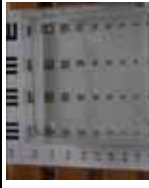



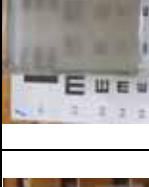





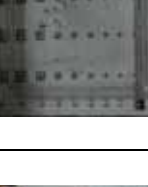





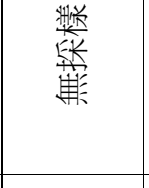
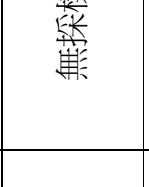
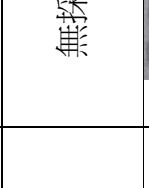





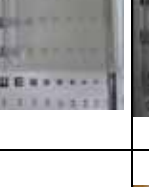
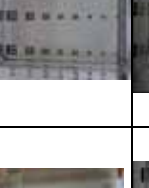
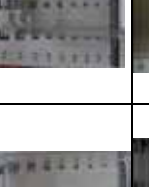





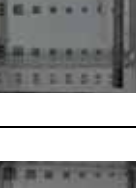

三、說明：主流與灌溉溝渠差異：主流雨後的水清澈，而灌溉溝渠雨前較清澈。因為溝渠無流動水，溪水都沉澱懸浮，雨後則濁度變高，懸浮粒子增加，透視度變低；濁水溪主流雨後稀釋濁度，泥沙量變多，溪水透視度高。視力檢查表較能區分濁度。(表 6-9)

表 6：濁度參考點：自來水和墨水的視力檢查表、數字條碼、擴散條碼圖為透視度參考基準

圖形 參考水	照度	視力檢查表	數字條碼	擴散條碼圖
自來水	1379 LUX			
	透光率 100%	1.2	5.0	2.8
墨汁	0 LUX			
	透光率 0%	0	0	0

「濁」 毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 7 以視力檢查表測量透視度比較表

地點 三次取水	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋邊	7 彰雲大橋中
雨前 (1)							
雨後 (2)						無採樣	
梅雨 (3)							
地點 三次取水	8 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集攔沙壩	12 水里工程	13 水里街上	14 水里龍神橋後
雨前 (1)							
雨後 (2)							
梅雨 (3)							

「濁」 毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 8：以數字條碼圖測量透視度比較表

地點 二次取水	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋邊	7 彰雲大橋中
雨前 (1)							
雨後 (2)						無採樣	
梅雨 (3)							
地點 二次取水	8 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集攔沙壩	12 水里工程	13 水里街上	14 水里龍神橋後
雨前 (1)				無採樣	無採樣	無採樣	
雨後 (2)							
梅雨 (3)							

「濁」毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 9：以擴散狀條碼圖測量透視度比較表

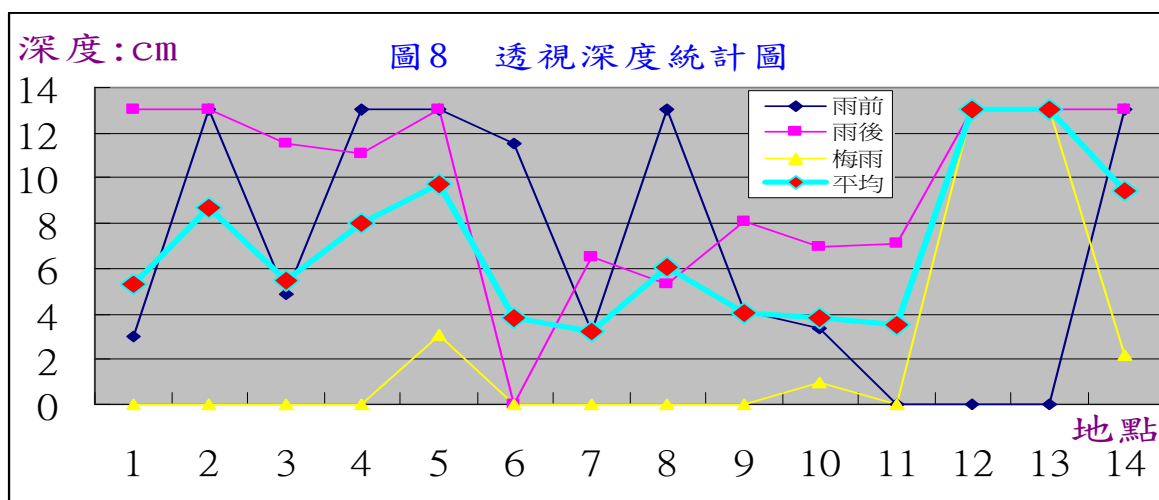
地點 三次取水	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋邊	7 彰雲大橋中
雨前 (1)							
雨後 (2)						無採樣	
梅雨 (3)							
地點 三次取水	8 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集攔沙壩	12 水里工程	13 水里街上	14 水里龍神橋後
雨前 (1)				無採樣	無採樣	無採樣	
雨後 (2)							
梅雨 (3)							

實驗六：深度透視法實驗

- 一、步驟：(一) 將濁水置於透明壓克力量杯中，加水閥開關。
 (二) 測量水深透視度，至可見盆底的十字時，記錄深度。



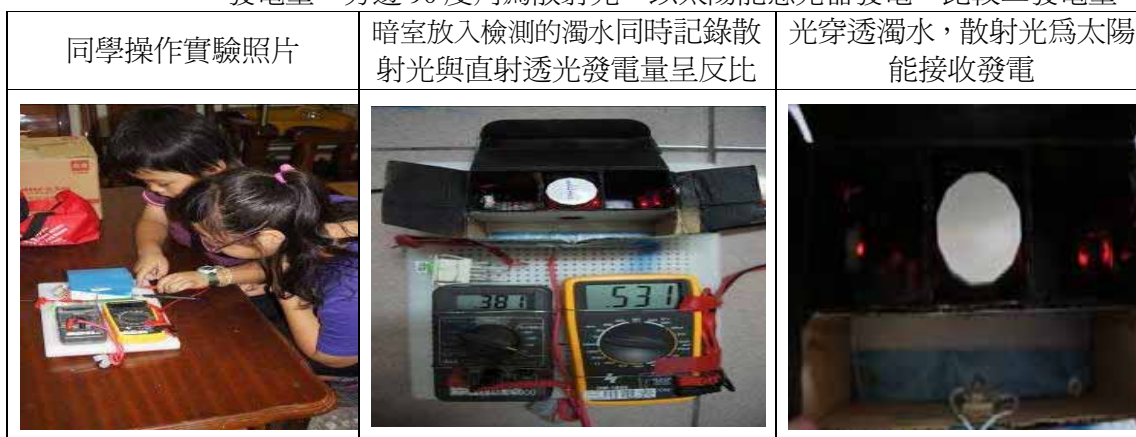
二、結果：如圖 8



- 三、說明：(一) 雨前：五處透視深度可達 13 公分，自強、彰雲中與岸角牌樓約 3-4 公分。
 雨後：僅岸角田變濁，其餘透視深度仍深。梅雨季：各處水變濁，能見度都約 2 公分以下。只有水里街上與龍神橋的水 13 公分以上。

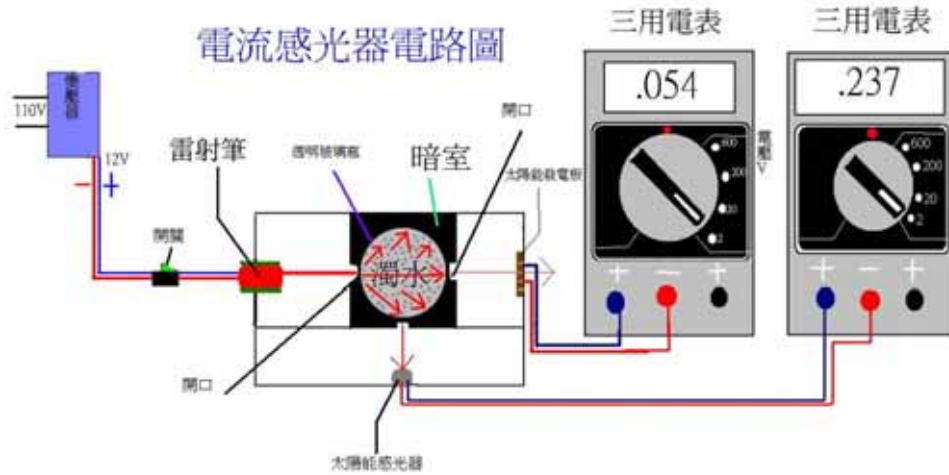
實驗七：濁水溪水直射透光度與散射透光度實驗

- 一、步驟：(一) 將濁水溪各處所採的水置於透明玻璃杯中。構造如圖 9。
 (二) 測量雷射透光後發電量換算濁度，後端加太陽能感應板接收後轉為直射發電量。旁邊 90 度角為散射光，以太陽能感光器發電。比較二發電量。

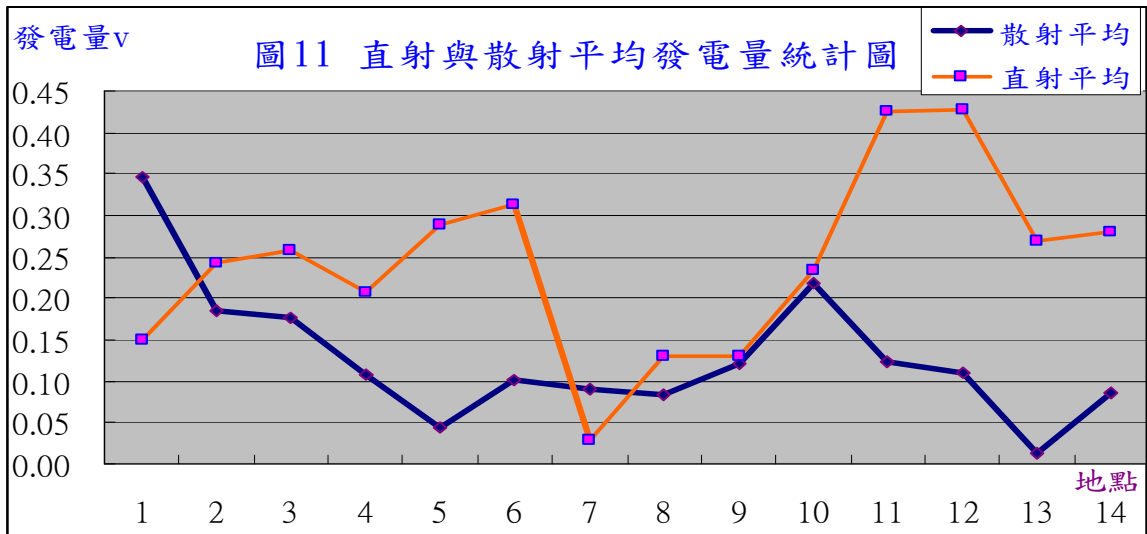
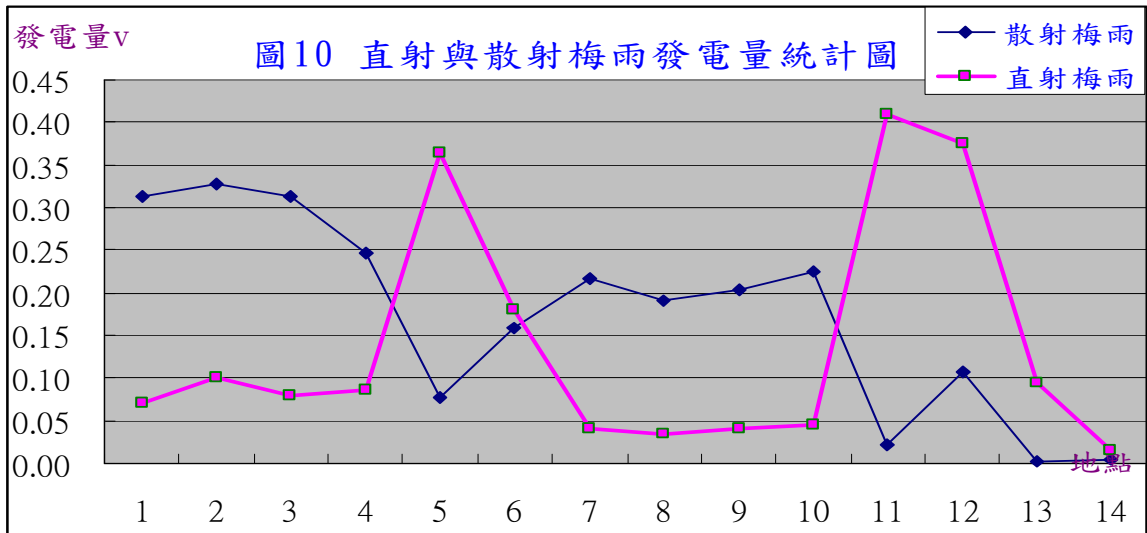


「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

圖 9：雷射感光器發電量（散射）與太陽能發電板（直射）電路線圖



四、結果：如圖 10、11


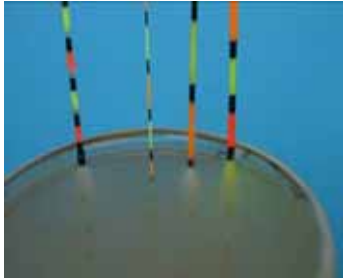


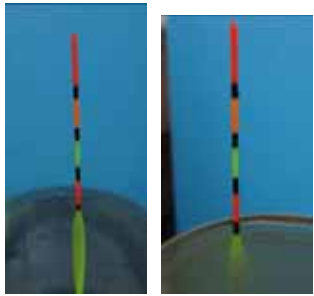







「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

三、說明：圖 10、11 可知**直射雷射線與散射線發電量呈反比**。濁度高：光線穿透少，**直射線發電量低，散射多，90 度角發電量高**；濁度低：光線穿透多，**直射線發電量高，散射少，90 度角發電量低**。**濁度低，直射光發電高**。自強大橋濁度高，**散射光發電量高**。

實驗八：濁度與浮標測量法實驗

- 一、步驟：(一) 測試浮標選擇能敏銳測出濁度的浮標。
- (二) 採西畔分校 4 點水，以浮標下潛深度分析濁度。
- (三) 黑色下緣為 0，浮標下固定鉛重，測量 4 點水下沉深度。

四種浮標於自來水中	四種浮標於濁水中				細浮標遇混濁水下沉	
						
粗浮標下沉不明顯	以自來水為 0 公分	西畔 1 下沉 1 cm	西畔 2: 下 沉 0.35 cm	西畔 3 下沉 0.7 cm	西畔 4 下沉 0.4 cm	
						

二、結果：如圖照片與圖 16 可知。

三、說明：由點一可知**浮標下沉 1 cm 最深濁度最高**，和圖 15 直射光發電低測得結果相同。由點二和四知：**浮標下沉 0.35-0.4 cm 較淺，濁度低**，與圖 12、13、14 (四)、15 結果相同。游標遇濁度高的水，水中懸浮物多，懸浮粒子比水輕，浮力少游標下沉，與原先濁度高使密度、浮力增加，而將使浮標上浮的假設**相反**，出乎意外。

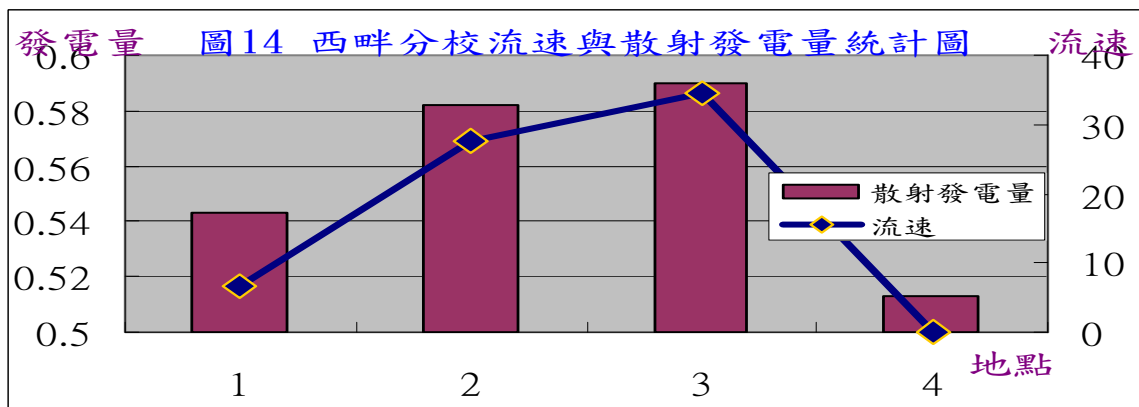
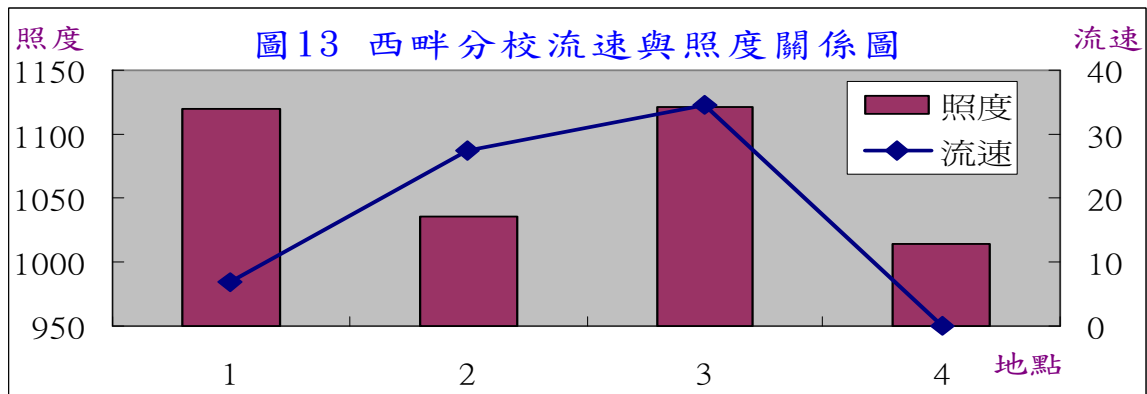
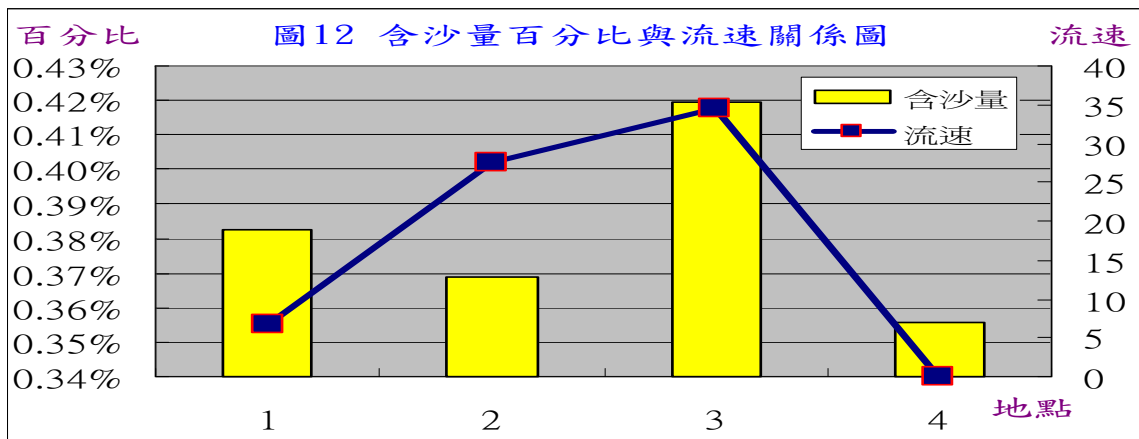
實驗九：流速與浮標測量法實驗

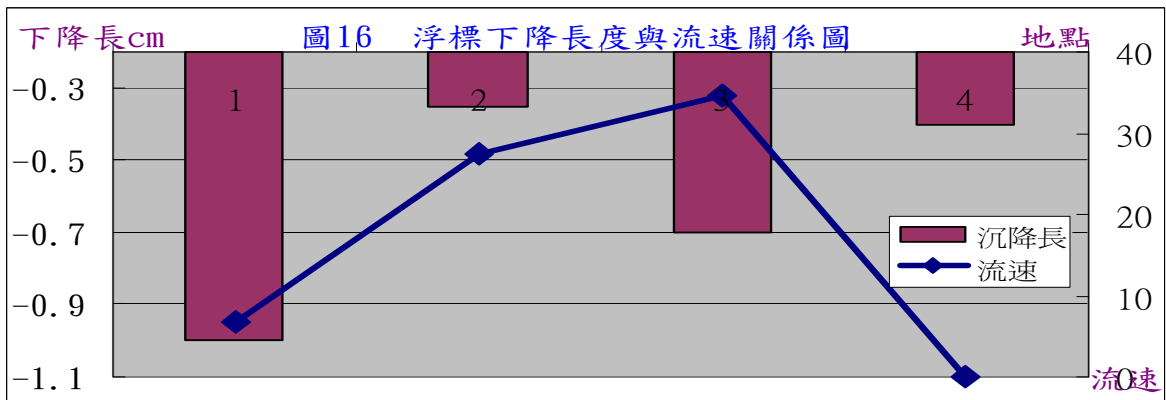
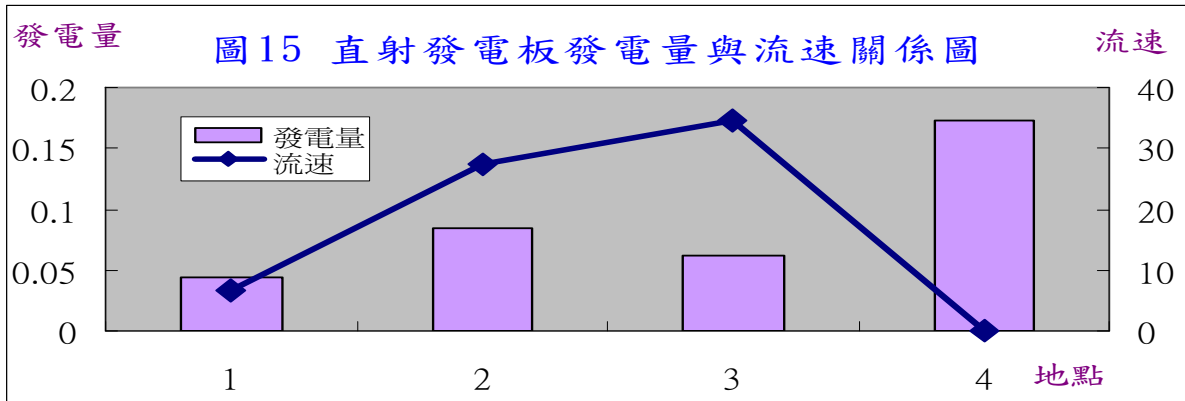
- 一、步驟：(一) 自製捲線軸組，方便漂流浮標。從橋上丟下浮標使其順流而下，記錄通過橋面之秒數。
- (二) 測量三次，計算平均流速以分析**濁度與流速**之關連性。
- (三) 採 4 點的水，以實驗二、四、八、九濁度測量法分析與流速的關係。

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究



二、結果：如圖 12~16





三、說明：由點三可知：流速快，濁度高，與含沙量百分比高、散射發電量高、直射發電量少，測得結果相同。由點一知：流速慢，濁度低，與照度透光率高、散射發電量低測得結果相同。由點四知：靜止時流速0，濁度最低，與含沙量百分比低、散射發電量低、直射發電量高，游標下沉低，測得結果相同。因此流速會影響濁度。

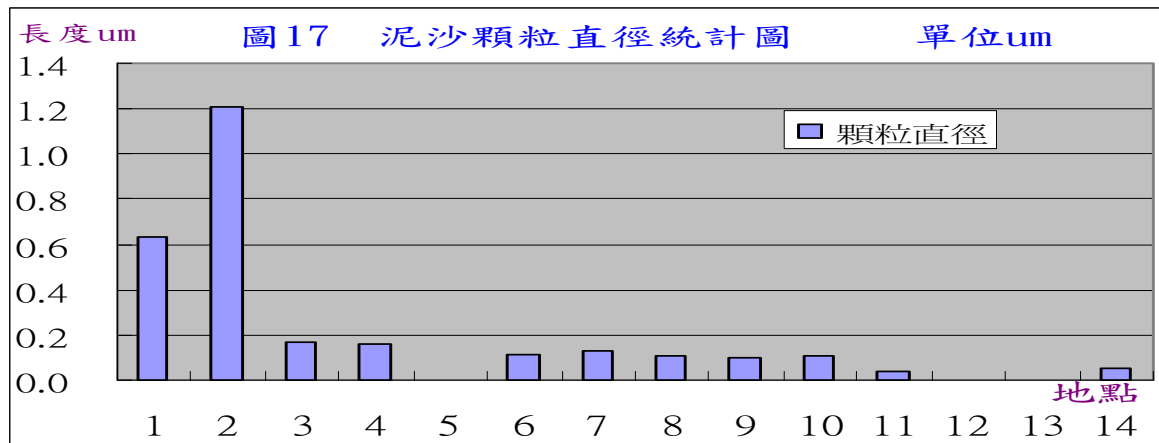
實驗十：顯微測量懸浮顆粒直徑實驗

一、步驟：以顯微攝影及測量過濾後的懸浮顆粒直徑，以16顆採平均值。

二、結果：如圖17表10

三、說明：(一) 西畔分校與集集攔河堰的懸浮粒子乾燥後呈褐色，有非土壤有機質。

(二) 顆粒大小以溪州大橋最大，西畔分校、水里工程與水里街無懸浮顆粒，因此水里溪屬清水溪。



「濁」毋庸議——濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

表 10：過濾後的泥沙顆粒表

單位：um (微米)

地點 項目	1 自強大橋	2 溪州大橋	3 前校門	4 圳寮	5 西畔分校	6 彰雲大橋 (邊)	7 彰雲大橋 (中)
泥沙 顏色 形狀 照							
泥沙 顆粒 照							
平均 直徑	0.63	1.21	0.17	0.16	0	0.11	0.13
地點 項目	8 岸角田	9 同學家邊	10 岸角牌樓	11 集集瀾河堰	12 水里工程	13 水里街上	14 水里神龍橋後
泥沙 顏色 形狀 照							
泥沙 顆粒 照						倍數不足 無法拍出	
平均 直徑	0.11	0.1	0.11	0.04	0	0	0.06

註：1um = 1/1000000m = 0.001mm

伍、研究結果

- 一、活動一二：1.室外觀察採集，室內做實驗。訪談：水里溪是清水，其餘是濁水。
2.測量水的流速和採樣用「流速魚」；泥沙的單位是 ppm；流量則以河流剖面積乘距離計算體積。
3.濁水溪「濁」，是因為流量大，面積廣，上游坡度大，故沖刷大，而下游流面廣，泥沙沉澱堆積。
- 二、實驗一：西畔分校減重最多，含水量高，黏土多。溪州大橋水里龍神橋的泥沙粉末狀，重量較重，且蒸散快。
- 三、實驗二：計算含沙量（%）： $(\text{泥沙等懸浮物重} \div \text{濁水重}) \times 100\%$
雨後的水含沙量較高，岸角牌樓及西畔分校河流水量較大，含沙量高，水較濁。梅雨季水量豐，含沙量均高。
- 四、實驗三：【一】以水沖刷，泥沙擴散，西畔分校的泥塊堅硬，土質與濁水溪的泥沙不同。岸角田及同學家邊的泥沙會沖散，黏稠性高。
【二】灌溉溝渠之泥沙小而黏稠，結塊變硬，懸浮物造成混濁。水中的沙質顆粒小，黏稠性高，混濁乾掉後結塊。主流沙質顆粒大，清澈無懸浮。
【三】坡度越高易將泥沙石塊帶走；沖的久，愈易被帶走，泥沙小易帶走。
- 五、實驗四：透光率低是彰雲大橋，次是岸角牌樓。梅雨後透光率降低，水里街上、水里工程與西畔分校較高。靜止的水透光率較高濁度低；而流動的水透光率低濁度高。但水里街上的水質清澈，是不同支流上岩層結構不同，泥沙不多，故濁度低。
- 六、實驗五：主流雨後水較清澈，而灌溉溝渠雨前較清澈。雨後濁度變高，透視度低；主流雨後稀釋濁度，溪水透視度高。圖表以視力檢查表較能區分濁度。
- 七、實驗六：五處透視深度可達 13 cm，自強、彰雲中與岸角牌樓約 3-4 cm。雨後：僅岸角田變濁，其他透視深度仍深。梅雨：各處變濁，水里街上與龍神橋仍 13 cm。
- 八、實驗七：直射與散射發電量反比，濁度高：光線穿透少，直射線發電量低，散射多，90 度角發電量高；像水里：濁度低，直射光發電量高。
- 九、實驗八：濁度最高浮標下沉最深，浮標下沉淺，濁度低，游標遇濁度高的水，水中懸浮物多，懸浮粒仔比水輕，浮力少游標下沉，與假設濁度高使密度、浮力增加，使浮標上浮的假設相反。
- 十、實驗九：流速快，濁度高，流速慢，濁度低。靜止時流速 0，濁度最低。流速會影響濁度。
- 十一、實驗十：西畔分校與集集攔河堰的懸浮呈褐色，有非土壤有機質。顆粒大小以溪州大橋最大、而西畔分校、水里工程與水里街上無懸浮顆粒，故水里溪屬清水溪，與前相同。

陸、結論

- 一、西畔分校泥沙減重最多，含水量較高。溪州大橋及水里龍神橋都是細沙接近粉末狀，水蒸散快。
- 二、雨後的水含沙量較高，含沙量高，水較濁。梅雨季，各處含沙量均高。
- 三、【一】灑水泥沙向外擴散，西畔分校的泥塊堅硬，土質與濁水溪的泥沙不同。
【二】灌溉溝渠之泥沙顆粒小而黏稠，乾燥後結塊，懸浮物造成混濁。主流沙質顆粒大。
【三】坡度越高，易將泥沙、石塊帶走；沖的時間久，易被沖走；顆粒小易被帶走。
- 四、透光率最低是彰雲大橋，次是岸角牌樓。梅雨後透光率皆低。流動的水透光率低濁度

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

- 高。水里街上的岩層不同，泥沙少，濁度低。
- 五、主流雨後水較清澈，而灌溉溝渠雨前較清澈。雨後則濁度變高，透視度變低；主流雨後稀釋，泥沙量變多，透視度高。以視力檢查表能區分濁度。
 - 六、有六處透視深度可達 13 cm，三處約 3-4 cm。雨後：僅岸角田變濁，其他透視深度仍深。梅雨季後：水變濁，透視度 2 公分以下。
 - 七、直射雷射線與散射線發電量呈反比。濁度高：光線穿透少，直射線發電量低，散射多，90 度角發電量高，可量化測量。
 - 八、濁度高浮標下沉深；濁度低浮標下沉淺。與原先濁度高，浮標上浮的假設相反。
 - 九、流速快，濁度高，流速慢，濁度低。靜止時濁度最低。
 - 十、西畔分校與集集攔河堰的懸浮粒子乾燥後呈現褐色，有非土壤有機質。顆粒大小以溪州大橋最大、而水里工程與水里街上無懸浮顆粒，與濁度實驗結果相同。

柒、未來研究方向

- 一、本研究限於時空限制，僅採本年度之泥沙及水樣本，若能採集各處各時段的樣本，更能使研究更具完整性。
- 二、探討泥沙的擴散度、懸浮度等作研究，研究方法較難精準量化，有時以肉眼觀察敘述不容易呈現結果。
- 三、以溪水的透光率（照度）及透視度（視力檢查表、數字條碼等）來呈現溪水的濁度，以量化工具來研究，但仍不夠便利精準，可以含沙量、測照度、感光發電量、浮標的方式來研發濁度測量工具，增加準度與便利性。
- 四、濁水河流域範圍廣、支流多，並非每條支流的水都濁，像水里街上的水質清澈，地形中多石頭，與濁水溪主流多泥沙不同；每條支流流經山脈地質不同，若能做各支流水質與地質比對及流量概算，較能理解濁水溪是哪些支流地質的沙石所影響。
- 五、別的河川濁度如何呢？因此更可研究濁水溪與鄰近河川溪水與泥沙的差異。

捌、參考資料

一、中文參考資料

- 林貞貞編（2004）。探索家園-偕大地悠游-河流。秋雨文化事業股份有限公司，台北縣，16-21、36-41。
- 胡學儷（編）（1995）。趣味科學實驗室-電 電流和電路。文庫出版事業股份有限公司，台北市，20、30-31。
- 陳煒（譯）（2002）。閣林兒童實用大百科-我們的地球。閣林國際圖書有限公司，台北市，16-21。
- 湯國光（1989）。華一兒童知識寶庫-物理 44-神奇的光。華一書局，台北市，15-27。
- 蘇建中（2012）。自然課本五下第二單元水溶液的性質。南一書局，台南。25-39。
- 蘇建中（2000）。自然課本三上第二單元奇妙的光。南一書局，台南。12-23。
- 蘇建中（2000）。自然課本三上第六單元水的變化。南一書局，台南。63-72。

二、網路參考資料

- 經濟部水利署第四河川局（溪州）：濁水河流域水情 <http://fmcc.wra04.gov.tw/>
- 維基百科：濁水溪 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BF%81%E6%B0%B4%E6%BA%AA>
- 濁水溪小檔案 [http://www.geo.ntnu.edu.tw/faculty/ShenSM/Course/CourseWork/TaiGeom_Stu90/19%BFB%A4%F4%B7%CB\(%A7%F3%B7s%AA%A9\)/vally.htm#基本資料](http://www.geo.ntnu.edu.tw/faculty/ShenSM/Course/CourseWork/TaiGeom_Stu90/19%BFB%A4%F4%B7%CB(%A7%F3%B7s%AA%A9)/vally.htm#基本資料)

濁度單位(NTU) <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405122400006>

「濁」毋庸議—濁水溪中下游之濁度與自製水質濁度測量法之研究

濁度計法 <http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W21952C.htm>

維基百科：pH 值 <http://zh.wikipedia.org/wiki/PH%E5%80%BC>

奇摩知識加：pH 值 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005011804932>

電在水中游泳：水溶液的導電性 http://passport.tc.edu.tw/contest/file/98_kinmen/b101/b101_00076.pdf

維基百科：照度 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%85%A7%E5%BA%A6>

奇摩知識加：照度 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1406011417043>

玖、附件（原始資料）：略

【評語】 080501

1. 自製濁度計合於學理操作方便。
2. 能設計多項觀測，反覆驗證濁度，並解讀成因。
3. 各項圖表之解讀宜再多元，思考造成濁度細部原因。