

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

佳作

080503

東港溪流域水濁度曝「光」了！

學校名稱：屏東縣立東興國民小學

作者： 小六 黃佩綺 小六 羅亦辰 小六 林芸平 小六 蘇永約	指導老師： 林福甦 陳郁文
---	---------------------

關鍵詞：東港溪流域、光伏特數、水濁度

# 東港溪流域水濁度曝「光」了

## 摘要

本研究依據劉德明（1999）年所著作的《環境科學》一書中提到，水中雜質的種類及環保署發佈的濁度計法，設計研究工具「光伏特水濁度檢測儀」。並根據東港溪流域概況圖，規劃採集 30 個地點的溪流水體和 10 個鄉鎮市的地下水進行檢測。結果發現整個東港溪流域之「麟洛溪」沿線和港西攔河堰取水站靜水區水濁度最高；此流域地下水則以潮州的光春水濁度最小，東港鎮興東里的水濁度最高。從研究結果也顯示自行研發的「光伏特水濁度檢測儀」可有效檢測水體濁度差異。

## 壹、研究動機

開始探究科展題目時，計畫做「彩虹的鏡頭」，想利用光的三原色來解析動畫「光柵」的問題，但一直找不到相關的理論資料。後來改變想法要做「彩虹蛋」，卻因為天然色素要滷進生蛋裡，耗時又一直找不到好方法，是有些沮喪！就在徬徨之際，發現西瓜主任桌上有一個太陽能風車的科學玩具，在好奇心的驅動下，我們問主任這風車能動嗎？主任隨即展示陽光下轉動的風車，風車拿到影子下方，風車就停了。我們追問：「怎樣可以知道它的發電量？」於是主任拿出三用電表的正負極接觸太陽能光板，發現不一樣的光源，三用電表顯現的數字就不一樣。這讓我們想到學校生態池綠色池水是否可經由光的穿透量而瞭解池水的特性（有多髒）？這想法開啓我們對東港溪流域水體透光度研究計畫！請見圖 1、圖 2 的發現。



圖 1. 主任的太陽能風車玩具發電測試

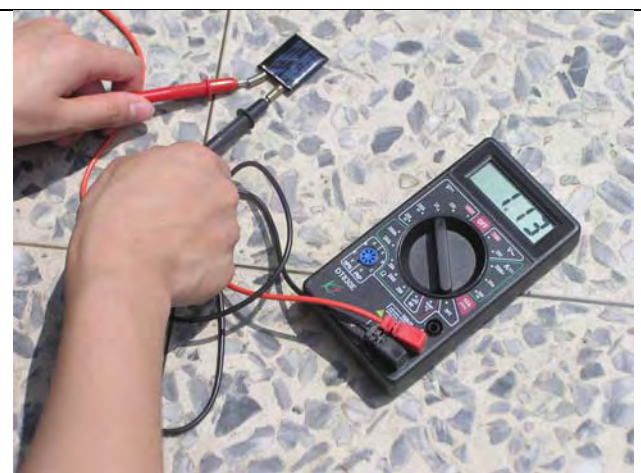


圖 2. 玩具太陽能光板拆下並用三用電表測試

## 貳、研究目的

- 一、設計製作光三原色沙奇盤與取水器，並測試效能。
- 二、設計製作「光伏特水濁度檢測儀」，並驗證效能。
- 三、檢測東港溪流域各溪流上中下游的水濁度（光伏特數）。
- 四、檢測東港溪流域鄉鎮市地下水的濁度（光伏特數）。
- 五、探究同一水域不同深度的水濁度（光伏特數）。

## 參、研究設備及器材

- 一、光三原色沙奇盤：直徑 15cm 的美耐米白色淺盤一個、電鑽（鑽孔用）、棉線一捆、壓克力顏料紅藍綠各一瓶、三個直徑 1.5cm 厚 1cm 的螺帽、一個螺絲扣環。
- 二、取水器：250cm 長的伸縮鋁棒刷、一個螺絲釘、直徑 6cm 長 4cm 的塑膠管、棉線 500cm 一條、15M 塑膠繩一條。
- 三、光伏特水濁度檢測儀：1.3cm 厚的三合板一大片、0.3cm 三合板一小片、玩具太陽能發電光板（3cm\*2.5cm）一片、細電線 70cm 一條、粗電線 70cm 一條、金屬活頁片一片、小鐵釘一包、螺絲 4 個、100W 的燈泡一個、250W 的燈泡一個、燈座一個、電源開關一個、調光器一組、線電鋸一台、鐵鎚一支、鉛筆一支、美工刀一把、黑色粉彩紙 2 張、三用電表一個。
- 四、標定器材：50cc 量筒一個、校正燒杯（250cc）一個、檢測燒杯（250cc）一個、
- 五、其他：A4 紙張、記錄筆、數位相機、抹布 2 條、600cc 保特瓶 100 支、簽字筆 3 支、轎車一部、杏仁薏仁粉一包。

## 肆、研究過程

在劉德明（1999）年所著作的《環境科學》書（P.434）中提到，水中雜質的種類：「將水中外來的物質依其粒子大小分類～『懸浮粒子』直徑大約一微米，它們能以相當的速率沈降，或以一般的濾器濾除，也大得能吸光，所以使水看起來成混濁狀；『膠體粒子』很小，所以幾乎不會沈降，而且能穿過一般濾器的孔，因此無法以沈降和一般過濾除去，含膠體粒子的水正對著光線看時，成混濁狀；天然水的顏色例如：湖泊或海洋的藍色、綠色或紅色，大都由膠體粒子造成；另外水中溶解的物質不會沈降或被濾除，而且正對著光線，也不會使水呈現雲霧狀。」

從劉德明書中的這段話帶給我們四個提示：（一）我們一開始要研究光的三原色「彩虹的鏡頭」還是與水的顏色有關。（二）溶解在水中的糖和鹽，並不會讓水變成混濁，因此我們免除了那類型的實驗。（三）既然天然水的顏色也有紅藍綠的反射光，讓我們想要做一個「光三原色沙奇盤」，以瞭解水體透視度和光的關係。（四）書中談及『懸浮粒子』的沈降與不沈降的『膠體粒子』，讓我們有明確的想法，以向上投影方式製作「光伏特水濁度檢測儀」，利用熱對流，避免『懸浮粒子』沈降，以減少檢測的誤差。

### 一、水污染的判定指標

判斷廢水水質的方式可以汙染指標來斷定，顯示水汙染程度的指標，通常可分為物理性，化學性與生物性三種。本研究僅針對「物理性指標」來探究：

- （一）臭味：乾淨的水沒有氣味，受到汙染後，會因為生物腐爛、硫化氫、分類等產生臭味，可用嗅閥法測量，及用無臭水將待測水樣稀釋到接近無臭程度的稀釋倍數表示臭的程度。
- （二）水溫：水溫會影響水的密度黏性、蒸氣壓、表面張力等物理特性，並會影響微生物的活動和溶氧量。

- (三) 透視度：水中所含懸浮固體、混濁物質、微生物、顏色等均會影響水體透視度；透視度檢定一般用透視度法。
- (四) 懸浮固體：水中固體來自砂粒、有機物及廢水等，可能影響外觀、水生物、溶氧量等。

## 二、水中濁度檢測方法—濁度計法

此方法於中華民國 94 年 5 月 6 日環署檢字第 0940034336 號公告，並自中華民國 94 年 8 月 15 日起實施的方法：此濁度計規定如下

- (一) 含照射樣品的光源和一個或數個光電偵測器及一個讀數計，能顯示出與入射光呈 90 度角之散射光強度。濁度計之設計應使在無濁度存在時，只有極少的迷光 (Straylight) 為偵測器所接收，並於短時間溫機後無明顯的偏移現象。
- (二) 至少應可測定 0 至 40 NTU 之範圍，若要測的水樣濁度低於 1 NTU 時，此濁度計之解析度應可偵測濁度差異至 0.02 NTU 或更低。
- (三) 樣品試管必須為乾淨無色透明之玻璃管，當管壁有刻痕或磨損時，即應丟棄。光線通過的地方不可用手握持，惟可增加試管長度或裝一保護匣，使試管可以握持。使用過之試管可用肥皂水清洗，再用試劑水沖洗多次後，晾乾備用。不可使用刷子清洗試管。
- (四) 設計相異之濁度計，即使以相同之濁度懸浮液校正，其濁度值也可能有所差異。為減少此種差異，須遵循下述設計準則：
  1. 光源：使用鎢絲燈，操作色溫 (Colortemperature) 設在 2200 至 3000°K 。
  2. 樣品試管中入射光及散射光通過之總距離不超過 10 cm。
  3. 偵測器接收散射光之位置以入射光之 90 度角為中心點，偏差不超過  $\pm 30$  度角。

## 三、名詞解釋：

### (一) 東港河流域：

東港河流域位於屏東縣境內，西北以高屏河流域為界，東南到林邊河流域，西南濱臨台灣海峽，發源於屏東縣鱈葉根山（標高 1,556 公尺），流經內埔、萬巒、竹田、潮州，於東港鎮北側流入台灣海峽。流域面積約 472.2 平方公里，主流長度約 44 公里。流域內重要支流有萬安溪、牛角灣溪、佳平溪、麟洛溪、溪州排水及牛埔排水等，涵蓋屏東市、東港、潮州，林邊、新園、南州、崁頂、新埤、萬巒、竹田、麟洛、內埔、長治、鹽埔、瑪家、萬丹及泰武等 17 個鄉(鎮、市)。屬亞熱帶氣候的東港河流域，每年 11 月至翌年 4 月天氣乾燥為枯水期，5 月至 10 月降雨量豐沛，為豐水期。

### (二) 水體透視度：

是指光線能夠穿透水之程度。沙奇盤 (Secchi disk) 方法係利用直徑 20 ~ 30 公分之白色圓盤，沈入水中，量測其可見距離，即為水體透視度 (transparency)，又稱沙奇透視度 (Secchi transparency)。

### (三) 光三原色沙奇盤：

是本研究參考黑白沙奇盤重新改造的工具。將直徑 15cm 白色美耐米圓盤像切喜餅一樣五等分畫出白黑紅綠藍五種顏色，用以記錄水體的透視度，藉以輔助印證「光伏特水濁度檢測儀」的效能。

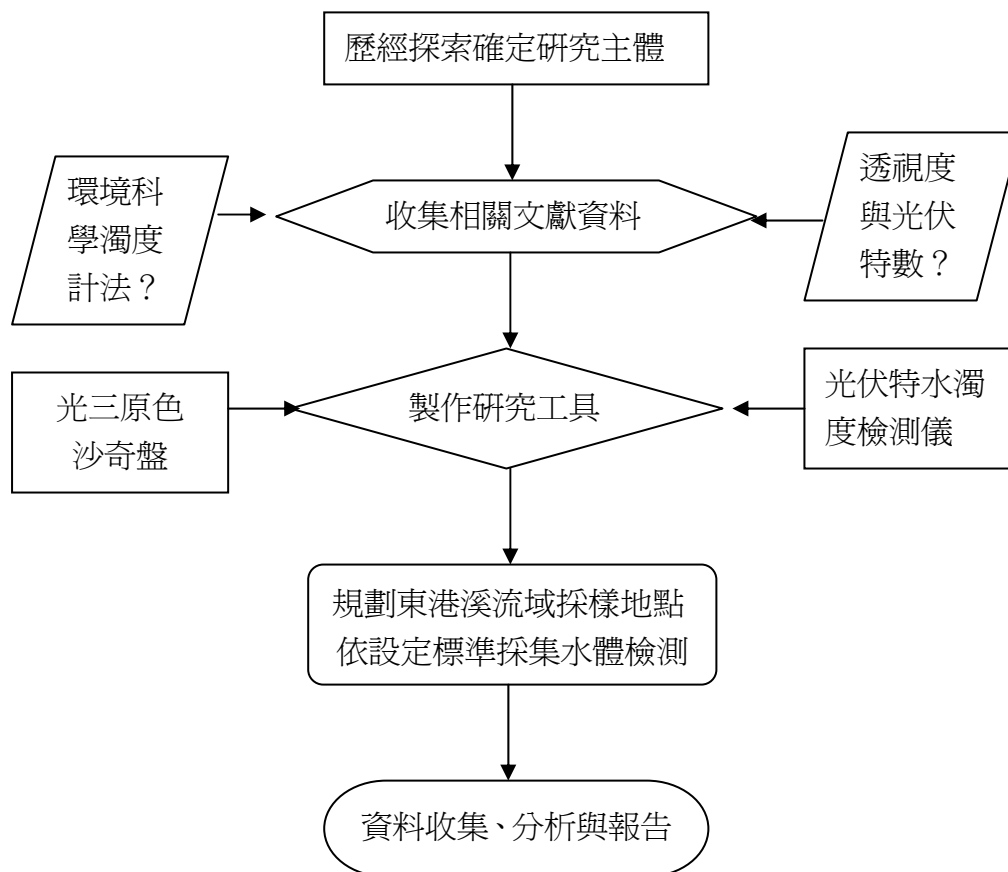


圖 3. 東港河流域水濁度研究流程

### (四) 光伏特數：

這是本研究所設定的詞，只要經由「光伏特水濁度檢測儀」偵測所得的值，就稱為「光伏特數」。此儀器利用 250W 的燈泡從底部往上投光，經由 5 公分平方的正方形孔，穿透裝有 200cc 水體的燒杯，穿透光源射至太陽能光板而產生電壓，此電壓值由三用電表偵測大小，透光越多，產生電壓越大，「光伏特數」就越大，顯示「水濁度」也就越小。

### (五) 水濁度：

水濁度(Turbidity)，是懸浮在水中的膠體顆粒產生的散射現象。水的混濁程度稱水濁度。現在通用的計量方法是將一公升的水含有相當於一毫克標準矽藻土，所形成的混濁狀況作為一個水濁度單位，簡稱 1 度。水濁度與膠體粒子的物質種類、粒徑大小、表面狀態有關。水濁度檢定一般採用濁度計法。地面水主要渾濁原因是泥土、有機物、微生物等物質造成的。渾濁度升高表明水體受到膠體物質污染。一般規定飲用水的渾濁度不得超過 5 度。水濁度的數值，單位依量測方式不同而分為標準濁度單位(NTU)及傑克生濁度單位(JTU)為度。

#### 四、研究方法

本研究，依據上述文獻資料設計研究工具：(一) 取水器、(二) 光三原色沙奇盤、及(三) 光伏特水濁度檢測儀。研究工具經過效能測試後，進行東港河流域水濁度檢測，並決定採樣地點。取樣的標準採 2-2-2 制法，也就是每個採樣地點採集 2 瓶水，彼此相隔約 2 公尺，在水表面下 20 公分取水做為檢驗樣本，資料收集後回校以「光伏特水濁度檢測儀」偵測，最後將統計結果進行分析。整個實驗流程如上圖 3。

#### 五、研究工具的製作

本研究需使用三種工具，分別是取水器、光三原色沙奇盤、和光伏特水濁度檢測儀。製作此三種器材的做法如下：



圖 5. 取水器樣貌 (取 20cm 深的水)



圖 6. 取水器加棉繩，取 80cm 以上深度的水



圖 7. 即將下水測試的光三原色沙奇盤



圖 8. 實驗完成已褪色的光三原色沙奇盤

##### (一) 取水器製作：

為能依據研究所設定取水標準，及應付不同水域沿岸的地形，我們購買一隻伸縮的鋁棒刷，在刷把前頭塑膠圓柄中央鎖上「直徑 6cm 切掉 1.5cm 圓周、長 4cm 塑膠管」，用以夾住 600cc 保特瓶，也可旋轉。如此可將鋁棒伸入水中 20cm 處採集水體；如果要採集 80cm 深度的水，只要將保特瓶口用棉繩綁住，瓶口朝下向水面推送到鋁棒標示的深度，在將棉繩上拉讓瓶口朝上即可收集到 80cm 深度的水體樣本，成品如圖 5、圖 6。

##### (二) 光三原色沙奇盤製作：

用直徑 15cm 白色美耐米淺盤，將圓畫成五等分後，分別塗上黑色、紅色、綠色、藍色壓克力顏料，並保留一份白色，就成為光三原色沙奇盤。為了讓沙奇盤可以沈入水中，三等分圓周旁鑽孔，綁上三個直徑 1.5cm 厚 1cm 的螺帽，並在圓心處拴上一個有孔螺絲釘，接著綁上 500cm 的粗棉繩，然後從繩頭開始每格 20cm 綁一條紅繩，一直到 300cm 處即大功告成。綁紅繩的目的在於方便計算透視度的深度。成品如圖 7、圖 8。

### (三) 光伏特水濁度檢測儀的製作

光伏特水濁度檢測儀是本研究的主要工具，我們根據燈泡高低、燒杯的大小、以及太陽能光板的受光距離來討論，最後決定製造一個長寬各 25cm，高 40cm 的研究箱，分上下兩層，中間的隔板中央開一個 5 公分平方的正方形孔，孔上方可放置燒杯與樣本水體，基座中央設置鎢絲燈座，可掀開的箱頂安置玩具太陽能發電光板 (3cm\*2.5cm) 一片，以方便研究樣本的更換。其製作步驟如下：製作過程如圖 9~圖 20。

- 1.由一位同學繪製設計圖，如附件一。
- 2.利用學校閒置的三合板，用電鋸裁剪需要的尺寸。
- 3.用鐵釘、螺絲逐一將板子合併，完成內外部主體。
- 4.安裝燈座和玩具太陽能發電光板，分別接上電線。
- 5.為了穩定的提供電流量，所以設置開關，並接上調光器。
- 6.老師建議製作一個暗房，我們用粉彩紙完成。

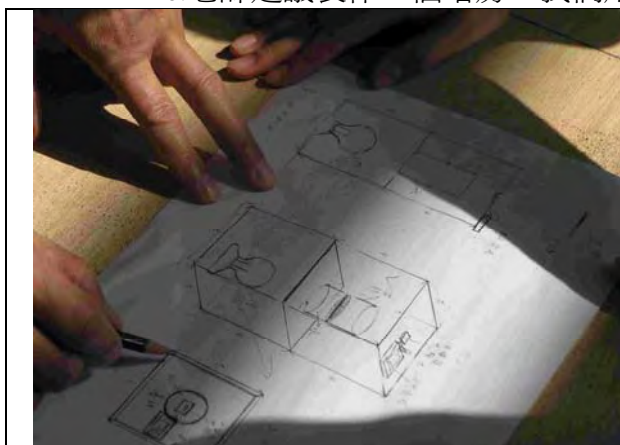


圖 9. 光伏特水濁度檢測儀設計圖



圖 10. 與指導老師討論如何切割板子



圖 11. 組員合作利用線狀電鋸進行板子切割 1



圖 12. 組員合作利用線狀電鋸進行板子切割 2



圖 13. 切割好的板子用鐵釘進行組裝



圖 14. 組裝完成的雛形，少了基座與上蓋



圖 15. 頂蓋裝上太陽能發電光板

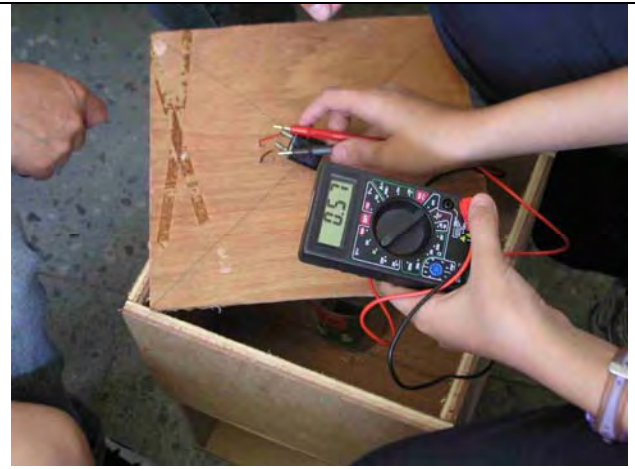


圖 16. 檢測太陽能光板是否安裝妥當



圖 17. 基座安裝鎢絲燈泡的燈座



圖 18. 為光伏特水濁度檢測儀設計暗房罩

## 六、東港河流域採樣地點的規劃

本研究根據東港河流域概況圖，利用 Google Map 逐一搜尋人車可抵達的取水位置，並考慮東港河流域整個支流相關位置，分成：東港溪主流、麟洛溪 a、麟洛溪 b、三合水、溪洲排水、及牛埔排水等六個水系規劃取水地點，以利實驗的進行並讓研究具有意義。另外發現東港河流域各鄉鎮市居民使用地下水的情況普遍，因此依地緣關係針對屏東



市、萬丹鄉、新園鄉、東港鎮、崁頂鄉、南州鄉、潮州鎮、內埔鄉、萬巒鄉，及琉球鄉的觀音廟湧泉水等 10 個鄉鎮市地下水濁度進行比較。各鄉鎮市的地下水各取 2 瓶樣本進行實驗。東港河流域取水規劃如表 1、取水點地圖，如圖 21。

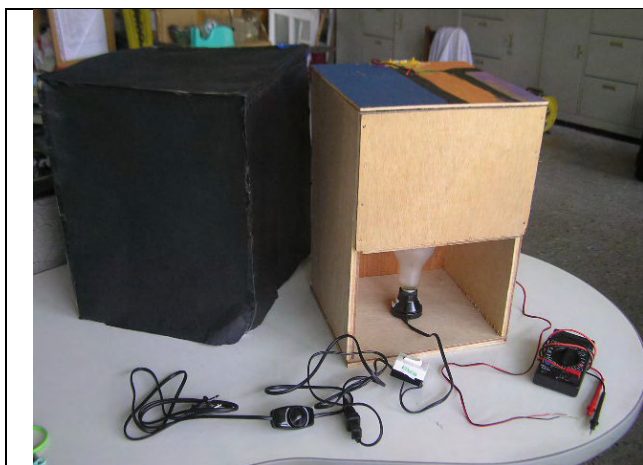


圖 19. 光伏特水濁度檢測儀與暗房罩全貌



圖 20. 實驗用調光器與三用電表

表 1. 東港河流域各溪流取水點規劃表

溪序	東港溪主流	麟洛溪 a	麟洛溪 b	三合水	溪洲排水	牛埔排水
自上游到下游排序	A1 黎明社區水圳	B1 繁華水圳	B1 繁華水圳	C 五落水圳 牛角灣溪	G1 萬隆國小前水圳	H1 下廊橋
	A2 東勢村水圳	B2a 萬年溪 千禧公園	B2b 屏教大 沙蛇溪	D 萬安橋(萬安溪上游)	G2 屏鵝公路打鐵岔路圳	H2 沿海路藍色閘門上方
	A3 內埔鄉大排	B3a 內埔路 近萬丹鄉	B3b 內埔路 近內埔鄉	D1 萬安溪湧泉水	G3 南州民族路橋上方	H3 東隆宮旁漁港水
	A4 潮州大橋下方	B4 萬新國中 下方河堤	B4 萬新國中 下方河堤	E 佳平溪上游	G4 越溪社區水圳	
	A5 興化跨河			E1 佳平溪伏流水		
	A6 力社橋河寬大	A6 力社橋河	A6 力社橋河	F1 五溝三合水		
	A7 港西攔河堰閘門前			F2 隴東橋(五溝--內埔)		
	A7-1 港西攔河堰靜水區			F3 萬巒鄉 褒忠橋下		
	A8 進德橋與東港橋之間			A4 潮州大橋 下方	A8 進德橋與東港橋之間	

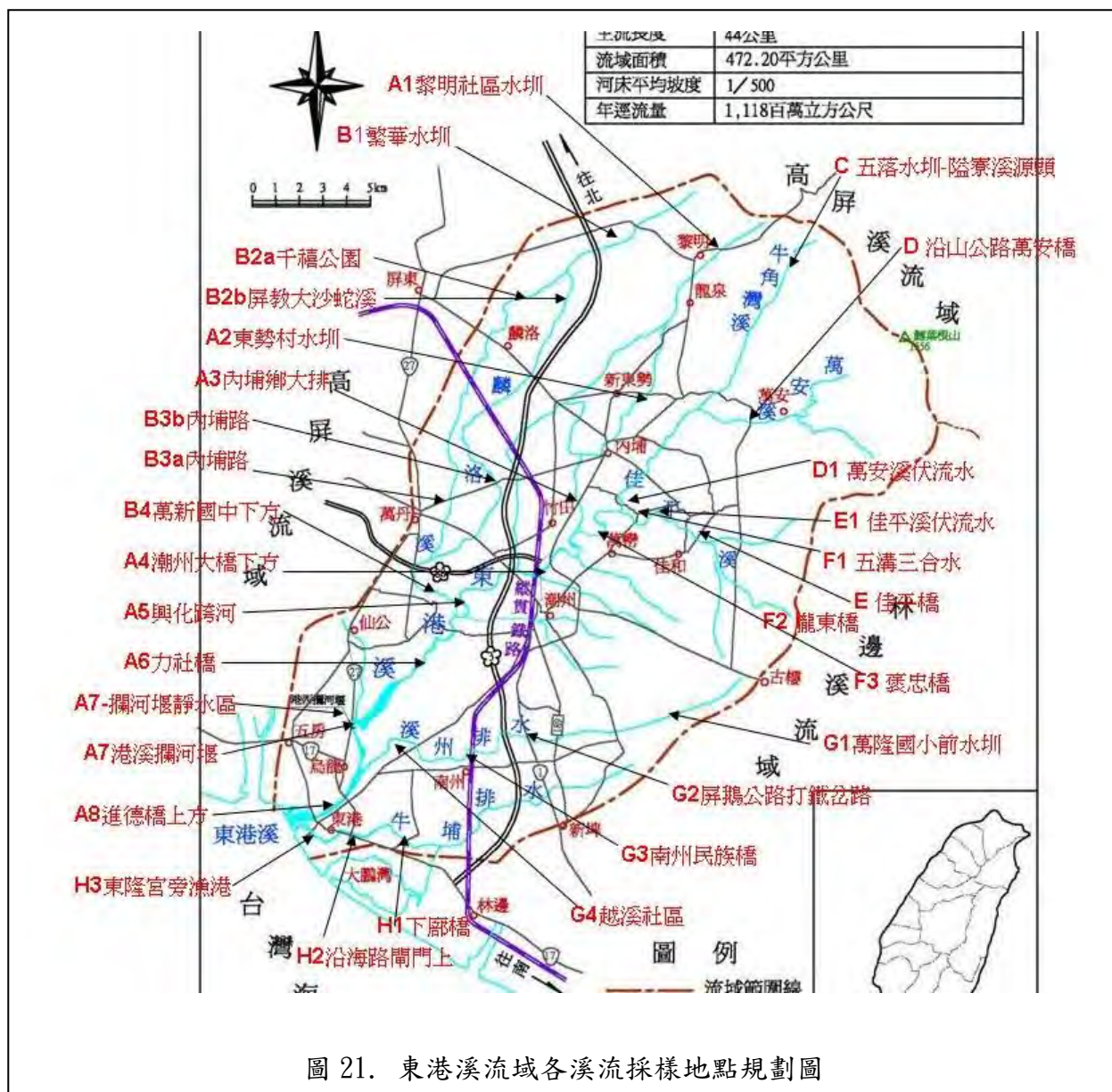


圖 22. 採集回來檢測光伏特數的樣本水

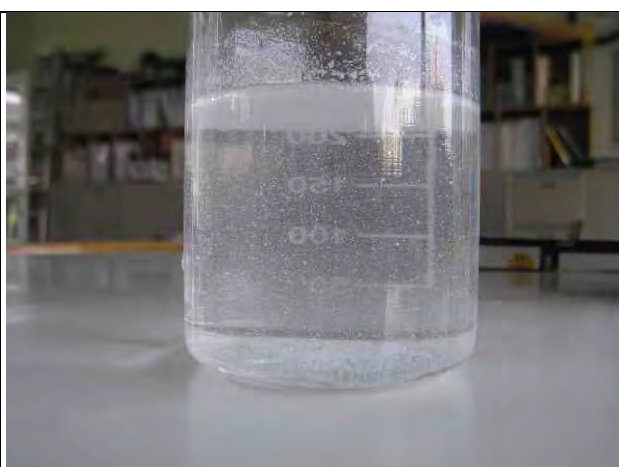


圖 23. 用於檢測儀器準確度的加薏仁粉水體

## 伍、研究結果

### 一、「光三原色沙奇盤」效能檢測

本研究根據幾項差異較大的取樣地點，用「光三原色沙奇盤」進行水體透視度檢測，摘錄五個採樣點的「光伏特數」與「透視度」進行比較。從表 2 可知「光伏特數」越大，光三原色沙奇盤的「透視度」值就越大。也就是當水體的濁度越小，用光三原色沙奇盤測出的「透視度」值就越大。

表 2. 「光三原色沙奇盤」效能對照表

地點	F3 萬巒褒忠橋	A6 力社橋	A7 港西攔河堰	A8 進德橋	G2 打鐵岔路
光伏特數	0.839	0.887	0.902	0.918	0.929
透視度	不到 10cm	約 15cm	約 25cm	約 40cm	75cm 到底可見

此實驗，除能證實「光三原色沙奇盤」與「沙奇盤」有相同的功能外，我們還發現使用「光三原色沙奇盤」時，在水中光三原色會漸層的消失，最早不見的顏色是黑色和藍色，接著綠色，最後不見的是紅色和白色。這和可見光的波長有關嗎？

### 二、「光伏特水濁度檢測儀」效能驗證

完成「光伏特水濁度檢測儀」後，我們想瞭解該儀器的準確度與穩定度夠不夠？基於這個理由，我們運用上自然課所學到的方法，在一個實驗中要改變的變因僅能有一個，其他的因素都要保持不變。於是我們決定進行（一）穩定度考驗，（二）準確度考驗：

#### （一）穩定度考驗：

1.開始的想法：剛使用「光伏特水濁度檢測儀」時，以學校自來水和生態池水進行測試，三用電表調整鈕轉到 20V 可偵測範圍，燒杯裝樣本水 100cc。結果發現太陽能光板的發電「光伏特數」學校自來水為 0.96V、生態池水為 0.93V 僅顯現 0.03V 的差異，但從肉眼判斷這 2 種水體的濁度差距應該很大才是？而且發現 100W 燈泡的光度，不足以讓太陽能光版發電到 1.0V 的電壓量，因為能到達 1.0V 對我們的實驗值之比較分析才容易說明。

#### 2.改變使用方法：

- （1）將 100W 燈泡換成 250W 燈泡，利用調光器將每次實驗時的太陽能光板的發電電壓定量在 1.000V 的光伏特數。
- （2）三用電表的調整鈕轉到 2V 可偵測範圍，這可顯現太陽能光板發電電壓至小數第三位，有利於顯示水體「光伏特數」微小的差異量。
- （3）擴大光的阻礙量，每次檢測水體改成 200cc 的水量。
- （4）採用校準策略：固定使用一個僅作為校正的燒杯，每次開啓電源時，都將此校準燒杯放置偵測位置，光調至 1.000V 發電量後關燈。放上檢測樣本時再開燈並在一分鐘內讀取最低的「光伏特數」數值。此法雖然可有效檢測出千分一的差異值，但我們「懷疑」一分鐘以內最低值的意義，

因為這個量並不穩定。只因同一樣本，每次重開電源檢測竟「偶爾」出現 0.010V 以上的差異。

3. 討論「懷疑」關鍵問題：我們討論一個可能的問題，就是交流電會不會每次重新開啓電源後，因為電力公司的電壓些微的差異，就造成光源的變化，以致改變太陽能光板的發電量。

4. 最終版的校準方法：保留上述第 2 點的所有策略，僅修正二件事：

(1) 測量水體的燒杯固定同一個，校準杯也固定同一個，且放置在「光伏特水濁度檢測儀」裡的位置與方向都一致。

(2) 當使用校準杯校準，開啓電源調光至三用電表顯現 1.000V 後，不將電源關閉，直接開啓頂蓋更換另一裝好 200cc 檢測水體的燒杯至檢測位置，蓋上頂蓋，套上暗房罩。

(3) 在一分鐘內所出現最穩定的數值，即為該水體的「光伏特數」。

5. 檢測平均值：為減少檢測誤差，每個取水點的水體都檢測四次，並採四捨五入法求其平均值至小數第三位，作為該檢測地點水體的「光伏特數」。

(二) 準確度考驗：

經由幾番修正後，確定了「光伏特水濁度檢測儀」可穩定判定各水體的「光伏特數」，只要光伏特數越大，表示水體的濁度越小。為了驗證儀器的準確度，我們想到利用水彩來檢視，但碰到一個問題，學校的天秤僅能測出 0.1g 的重量，且水彩的定量並不容易，雖然有試過，但效果不佳。後來老師說他家有屏科大買的杏仁薏仁粉，只要能在水中出現懸浮顆粒，或許會有效果。

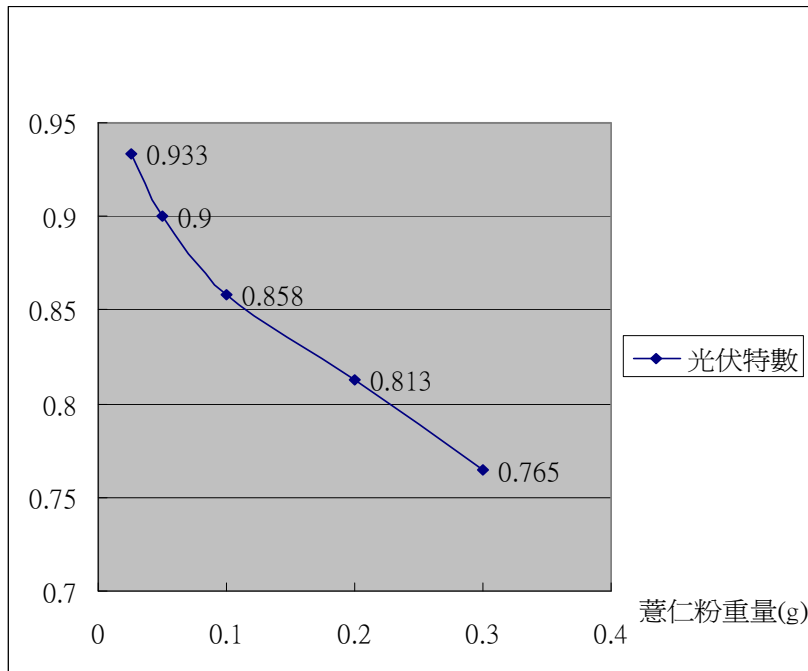
光伏特水濁度檢測儀準確度檢測實驗：

在 200cc 的自來水中分別加入 0.025g、0.05g、0.1g、0.15g、0.2g、0.3g 的杏仁薏仁粉，進行光伏特量的測試，測試結果如下表 3、圖 24：

表 3、光伏特水濁度檢測儀效能檢測結果（200cc 自來水中加入薏仁粉）

薏仁粉重量	0.025g	0.05g	0.10g	0.20g	0.30g
光伏特量 V	0.933	0.900	0.858	0.813	0.765

註：實驗秤重使用學校天秤，最小重量僅能測到 100mg=0.1g，在此限制之下，200cc 含 0.1g 的薏仁粉水溶液，從中取出 100cc 的水溶液再加自來水 100cc 即可得到 0.05g 薏仁粉加 200cc 的檢驗水體，重複此一步驟一次，即可得 0.025g 薏仁粉加 200cc 水溶液的檢測水體。



從圖 24 折線圖的表現近乎斜直線，顯示我們設計的「光伏特水濁度檢測儀」是可以有效（準確）的偵測東港溪流域各水體的「光伏特數」，並藉以判讀水體的濁度對比量。

圖 24. 光伏特水濁度檢測儀準確度考驗折線圖

### 三、東港溪流域各溪流上中下游的「光伏特數」檢測研究

有了穩定可靠的「光伏特水濁度檢測儀」後，我們按規劃的取樣地點，依序從編號 A 到 H 的順序，表列呈現偵測地點的質性描述與水體檢測結果，並繪製折線圖供判讀：

#### （一）東港溪主流取樣地點描述與「光伏特數」檢測結果

爲了讓實驗有明確的方向，我們依據東港溪流域概況圖，將黎明爲起點的流水當作東港溪主線的上游，取水點依序爲黎明社區水圳、東勢村水圳、流經內埔鄉下方圳、潮州大橋下方、興化跨河、力社橋、港西取水站、進德橋與東港橋之間的流水。

1. 取樣點的現況描述（省略：放在口試備審資料中）
2. 列舉六個東港溪主流取水點現況相片



圖 25. 東勢村水圳，是乾淨水道



圖 26. 潮州橋下的河床



圖 27. 港西攔河堰取水站岸邊有大萍布袋蓮



圖 28. 東港溪進德橋水面上的漂流布袋蓮



圖 29. 力社橋下垂釣人家



圖 30. 港西攔河堰靠 27 省道的靜水區污水

3.各取樣地點的「光伏特數」記錄，其結果如表 4，不含 A7-1 的量繪製成折線圖 31；不含 A7 的量，繪製成折線圖 32。

表 4. 東港溪主流取樣地點水體的「光伏特數」平均值

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
A1	黎明社區水圳	0.937	0.934	0.934	0.935	0.935
A2	東勢村水圳	0.930	0.929	0.931	0.930	0.930
A3	內埔鄉水流（與台一線交界）	0.923	0.922	0.924	0.923	0.923
A4	潮州大橋下方(河寬大，河邊水草多)	0.887	0.886	0.885	0.884	0.886
A5	興化跨河	0.903	0.905	0.906	0.904	0.905
A6	力社橋（麟洛溪與東港溪匯流水）河寬大	0.887	0.889	0.885	0.886	0.887
A7	港西攔河堰取水站閘門前	0.903	0.902	0.900	0.903	0.902
A7-1	港西攔河堰取水站(靠近 27 號道旁靜水區)	0.843	0.847	0.850	0.845	0.846

A8	進德橋與東港橋之間河堤旁	0.918	0.917	0.919	0.917	0.918
----	--------------	-------	-------	-------	-------	-------

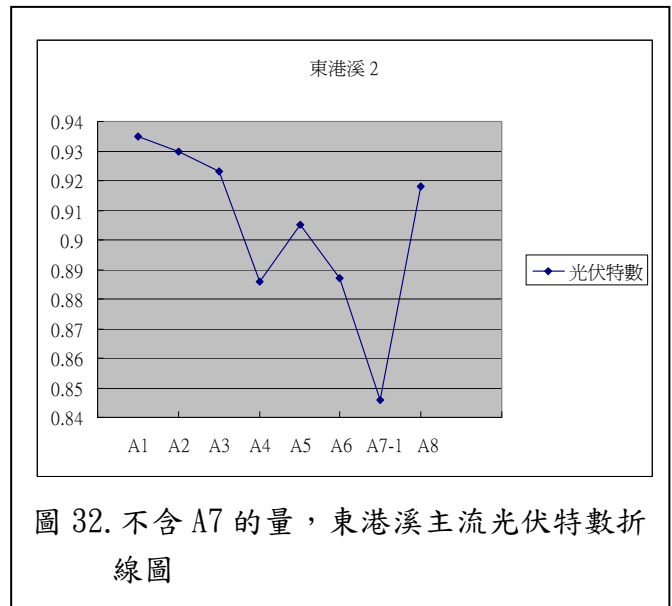
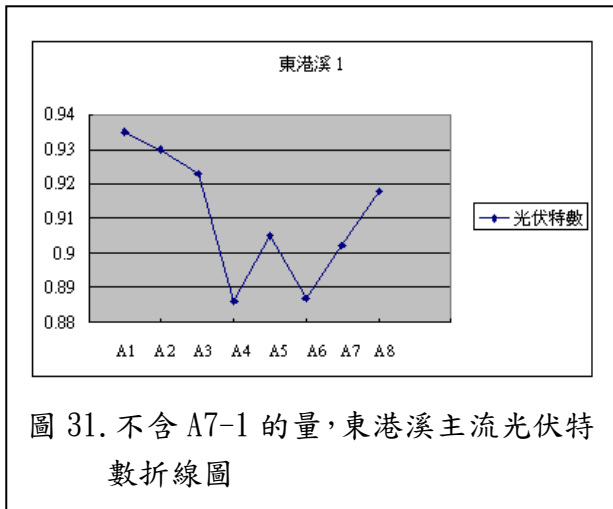


圖 31 有兩個底部，一個在潮州橋下的水，另一個是在力社橋下的水，都屬於水濁度很高的地方。圖 32 有一超低的「光伏特數」值，是位於港西攔河堰取水站靠省 27 號道旁的靜水區的水。比 A4 和 A6 取水點的「光伏特數」低了近 0.04V 的量。

(二) 麟洛溪取樣地點描述與「光伏特數」檢測記錄

由上游到下游分左線與右線，起點在長治鄉，而後分左線與右線，途經屏東市、萬丹鄉，並在萬丹鄉萬新國中附近河道左右線結合，流至興社橋前與東港溪中游合流，併入東港溪中下游流水。(註：B2ab~B4 之間有許多養豬場)

1. 取樣點的現況描述 (省略：放在口試備審資料中)
2. 列舉六個取水點相片顯示出溪流現況



圖 33. 千禧公園取水點，有一隻黑冠麻鷺



圖 34. 屏師院旁的沙蛇溪，民生廢水排入



圖 35. 屏師院旁沙蛇溪裡的紅蟲聚落



圖 36. 內埔路 b 段的河床黑與暗綠濁水會合



圖 37. 萬新國中下方的麟洛溪下游合流水



圖 38. 萬新國中下方水透視度檢測入水 3cm 樣

### 3. 麟洛溪取樣地點的「光伏特數」記錄

(1) 麟洛溪左線 (a 路線) 研究結果, 如表 5, 繪製成折線圖 39

表 5、「麟洛溪左線」檢測資料

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
B1	繁華水圳	0.936	0.935	0.934	0.935	0.935
B2a	萬年溪 (千禧公園)	0.925	0.926	0.925	0.926	0.926
B3a	內埔路 (近萬丹鄉)	0.863	0.862	0.860	0.858	0.861
B4	萬新國中下方河堤合流水 (河寬變大許多)	0.868	0.871	0.869	0.870	0.870
A6	力社橋 (麟洛溪與東港溪 匯流水) 河寬更大	0.887	0.889	0.885	0.886	0.887

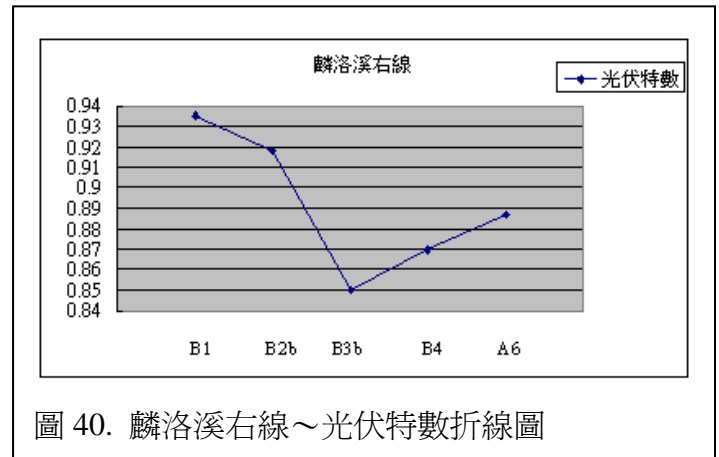
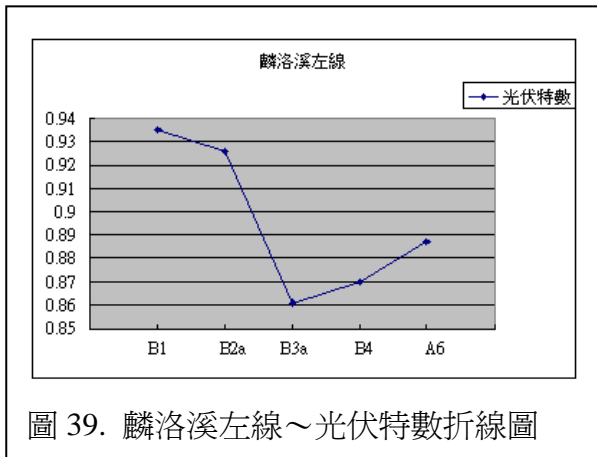
(2) 麟洛溪右線 (b 路線) 研究結果如表 6, 繪製成折線圖 40

表 6. 「麟洛溪右線」檢測資料

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
B1	繁華水圳	0.936	0.935	0.934	0.935	0.935



B2b	B2b 沙蛇溪	0.918	0.919	0.916	0.917	0.918
B3b	B3b 內埔路（近內埔鄉）	0.850	0.851	0.849	0.850	0.850
B4	萬新國中下方河堤合流水 （比上游寬許多）	0.868	0.871	0.869	0.870	0.870
A6	力社橋（麟洛溪與東港溪 匯流水）比上游寬許多	0.887	0.889	0.885	0.886	0.887



上圖 39 與圖 40 皆屬於麟洛溪的水域，檢測點 B2a 和 B2b 都在內埔往萬丹的路上，麟洛溪分流從兩個地方穿越內埔路，由圖可知是麟洛溪水濁度最高（有濃的臭味）的河段。據當地人的說法是：麟洛溪的水通過屏東市區後，河的兩側有許多養豬與養鴨人家，使河水加速惡化。

### （三）萬巒三合水流系取樣地點描述與「光電特數」檢測紀錄

#### 1. 取樣點的現況描述（省略：放在口試備審資料中）

萬巒三合水集結牛角灣溪、萬安溪、佳平溪，最後在五溝三合水匯流，流經五溝、內埔間的隴東橋，及萬巒的褒忠橋，最後在潮州橋上方與東港溪匯流。

#### 2. 列舉「萬巒三合水流系」六個取水點相片展示溪流現況

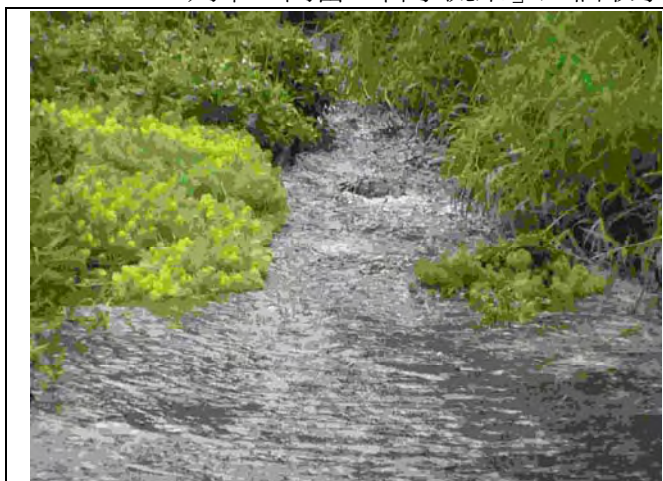


圖 41. 三合水松尾藻水生植物群



圖 42. 乾淨的三合水，清澈見底



圖 43. 萬安溪伏流水，水質乾淨



圖 44. 這麼漂亮的佳平溪伏流水在五溝



圖 45. 佳平溪難得一見的金魚藻（取水器下）



圖 46. 五溝內埔間的隴東橋下水樣

3.各取樣地點的「光伏特數」記錄，其結果如表 7，繪製成折線圖如圖 47  
表 7. 「萬巒三合水流系」檢測資料

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
C	五落水圳（牛角灣溪上游）	0.942	0.941	0.941	0.940	0.941
D	萬安橋（萬安溪上游）	河床沒水（成伏流水）				0
D1	萬安溪伏流水	0.940	0.938	0.940	0.939	0.939
E	佳平溪上游	河床沒水（成伏流水）				0
E1	佳平溪伏流水	0.938	0.939	0.941	0.940	0.940
F1	五溝三合水	0.939	0.937	0.938	0.939	0.938
F2	隴東橋=五溝-內埔之間	0.925	0.926	0.927	0.926	0.926
F3	萬巒褒忠橋下（上方怪手在河床施工）	0.839	0.841	0.838	0.837	0.839
A4	潮州大橋下方與三合水下游匯流	0.887	0.886	0.885	0.884	0.886

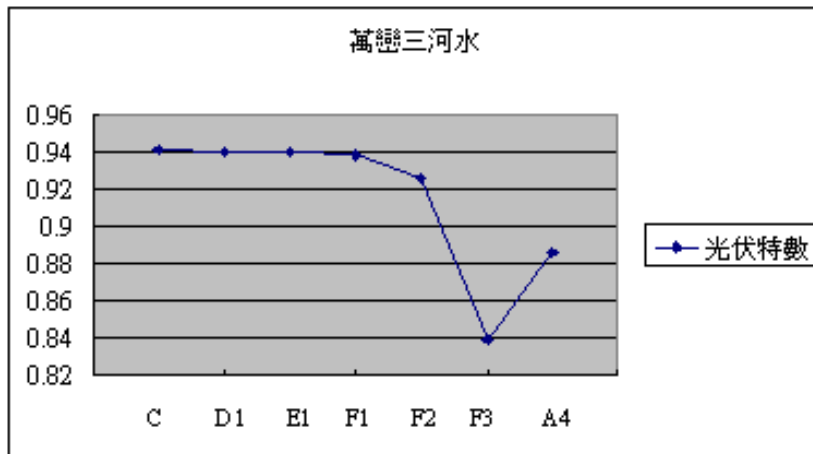


圖 47. 萬巒三合水各取水點光伏特數折線圖

圖 47 顯示各源頭的水質光伏特數相近，而 F3 萬巒褒忠橋下的水的光伏特數超低，問題是現場水色並不黑，而是帶有黃泥沙的顏色，應與怪手施工有關。

(四) 溪洲排水取樣地點描述與「光伏特數」檢測記錄

過了港西攔河堰取水站下方，港東橋附近最右側水來源是流經南州鄉的溪洲排水，取水點從上游而下為：萬隆國小前水圳、屏鵝公路打鐵岔路水圳、南州民族路橋上方、越溪社區，並在東港興農里上方與東港溪匯流。

1. 「溪洲排水」取樣地點的現況描述（省略：放在口試備審資料中）
2. 列舉「溪洲排水」四個取水點相片展示溪流現況



圖 48. 屏鵝公路打鐵岔路取水點



圖 49. 溪洲排水南州民族路橋段



圖 50. 南州民族橋採水取樣



圖 51. 溪洲排水越溪社區水段

3.各取樣地點的「光伏特數」記錄，其結果如表 8，繪製成折線圖如圖 52

表 8. 溪洲排水取水點「光伏特數」檢測資料

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
G1	萬隆國小前水圳	0.933	0.934	0.932	0.932	0.933
G2	屏鵝公路打鐵岔路水圳	0.930	0.929	0.930	0.928	0.929
G3	南州民族路橋上方	0.926	0.925	0.927	0.925	0.926
G4	越溪社區水圳	0.923	0.922	0.923	0.921	0.922
A8	進德橋與東港橋之間河堤旁	0.918	0.917	0.919	0.917	0.918

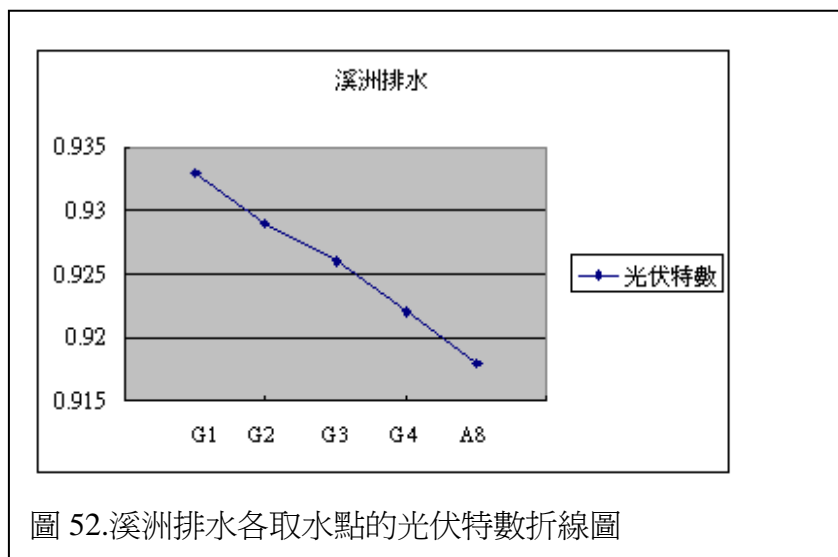


圖 52 的折線，近乎向下的斜直線，意味著從上游往下游，溪水的光伏特數越少，表示水濁度越大。

#### (五) 牛埔排水取樣地點描述與「光伏特數」檢測記錄

基本上，牛埔排水與東港溪並不相關，因為牛埔排水的出口在海濱國小前漁港，與東港溪從華僑市場旁出海是不相關的。牛埔排水本想取四段水體樣本，但從 Google Map 上找不到源頭，只好從下廊橋而下取三段水源：下廊橋、沿海陸橋藍色閘門上方、東隆宮旁漁港水。

1.採取樣點的現況描述（省略：放在口試備審資料中）

2.牛埔排水各取樣地點的「光伏特數」記錄，其結果如表 9，繪製成折線圖 57。

表 9. 牛埔排水各取樣地點的「光伏特數」記錄

編號	地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
H1	下廊橋	0.930	0.930	0.930	0.937	0.929
H2	沿海路橋藍色閘門上方	0.922	0.923	0.923	0.921	0.922
H3	東隆宮旁漁港水	0.916	0.915	0.917	0.916	0.916

### 3.列舉「牛埔排水」四個取水點相片展示溪流現況



圖 53. 牛埔排水沿海路藍色閘門現況



圖 54. 藍色閘門河岸旁用採取水器採集水體



圖 55. 東隆宮漁港旁的漁港，準備沙奇盤檢測



圖 56. 研究同學正在東隆宮旁的漁港採集水體

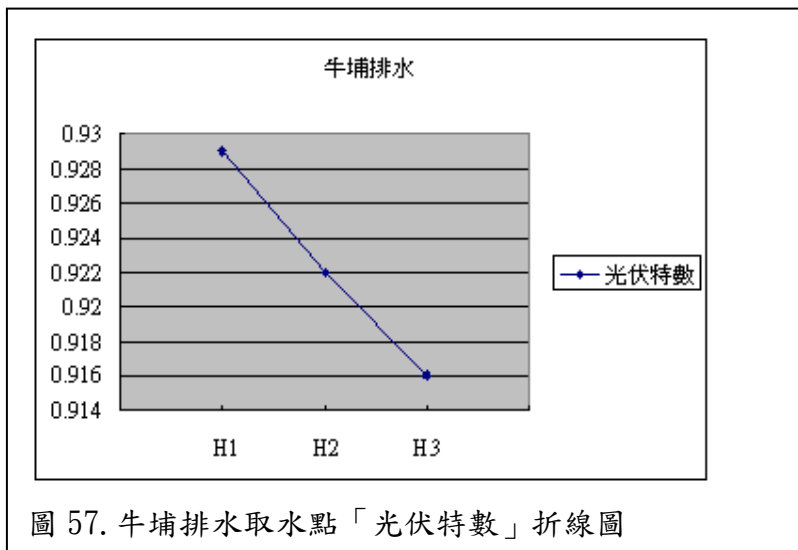


圖 57. 牛埔排水取水點「光伏特數」折線圖

圖 57 的折線，與圖 52 有相似的表现，越下游，水的濁度越高。

#### 四、檢測東港溪流流域鄉鎮市地下水的「光伏特數」研究結果

全面檢測東港溪流流域水體後，因為東港溪流流域有約 40%的居民是使用地下水。因此

依地緣關係選取屏東市、萬丹鄉、新園鄉、東港鎮、崁頂鄉、南州鄉、潮州鎮、內埔鄉、萬巒鄉，及琉球鄉的觀音廟湧泉水等 10 個鄉鎮地下水進行檢測比較，水的來源由住當地的老師提供、或我們到當地找居民分享，結果如表 10。為比較彼此「光伏特量」的大小，轉繪製成長條圖，如圖 58。

表 10. 東港溪流域地下水「光伏特量」檢測紀錄

地點	檢測一	檢測二	檢測三	檢測四	平均值
屏東市（崇蘭）	0.939	0.938	0.937	0.938	0.938
萬丹鄉（新庄）	0.944	0.943	0.944	0.944	0.944
新園鄉	0.941	0.940	0.939	0.940	0.940
東港鎮（興東）	0.938	0.937	0.936	0.937	0.937
崁頂鄉	0.941	0.943	0.941	0.940	0.941
南州鄉	0.944	0.944	0.943	0.942	0.943
潮州鎮（光春）	0.948	0.949	0.946	0.945	0.947
潮州鎮（三星）	0.944	0.942	0.942	0.943	0.943
內埔鄉	0.939	0.940	0.941	0.940	0.940
萬巒鄉（佳平）	0.939	0.938	0.940	0.940	0.939
琉球鄉（湧泉水）	0.942	0.941	0.940	0.939	0.941

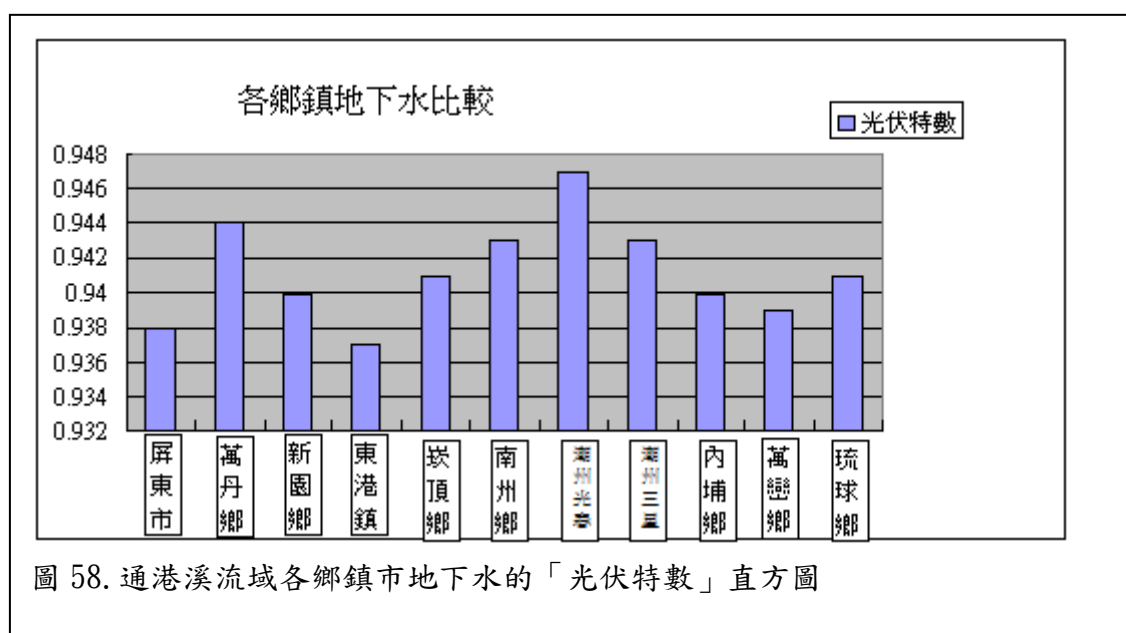


圖 58. 通港溪流域各鄉鎮市地下水的「光伏特數」直方圖

從圖 58 的直方圖可清楚發現，這 10 個鄉鎮市中地下水中「光伏特數」最低的是東港鎮興東里，「光伏特數」最高的是潮州鎮的光春。換句話說，地下水濁度最低的是潮州鎮光春，濁度最高的是東港鎮興東里。

### 五、探究同一水域不同深度的「光伏特量」

因為採集水體時都以水面下 20 公分水為準，學校離東港溪出海口近，於是想要試試

看在進德橋與東港橋之間不同深度的水體，其濁度是否相同。對應的資料以牛埔溪排水出海口「東隆宮旁的漁港水」做對照，其結果如表 11、表 12：

表 11、進德橋上方的數據

水深度 測量	20 公分	80 公分	160 公分
第一次	0.917	0.923	0.925
第二次	0.918	0.922	0.927
第三次	0.919	0.924	0.926
平均值	0.918	0.923	0.926

表 12、東隆宮旁漁港的數據

水深度 測量	20 公分	80 公分	160 公分
第一次	0.919	0.925	0.928
第二次	0.918	0.926	0.927
第三次	0.920	0.927	0.926
平均值	0.919	0.926	0.927

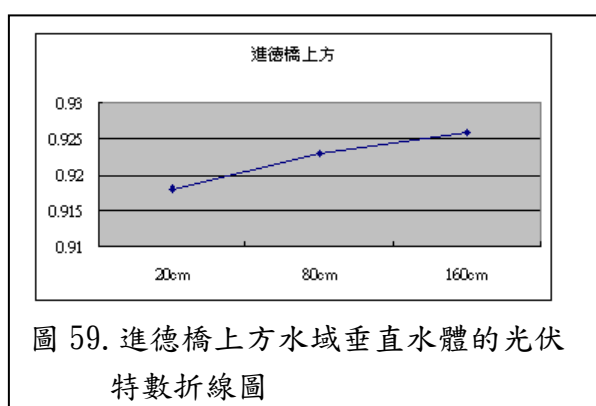


圖 59. 進德橋上方水域垂直水體的光伏特數折線圖

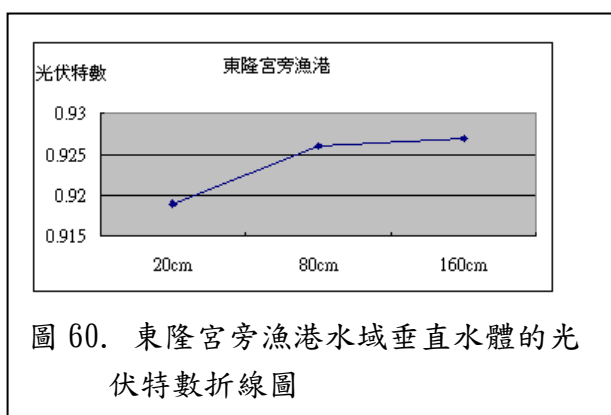


圖 60. 東隆宮旁漁港水域垂直水體的光伏特數折線圖

由圖 59 和圖 60 對照比較，從折線方向可說明：「同一取水點的水體，深度超過 160cm 以上，其水體的光伏特數會越深越大。」換句話說，同一水體越深的地方，水濁度越小。

## 陸、討論

本研究主要目的是希望透過研發的檢測工具，來量化東港河流域水體的濁度，因此所有研究工具是否有效，成為研究數據是否可信的要件。另外從取樣地點現況的描述與整個實驗數據轉化成折線圖的關係來看，任一溪流的濁度變化明顯可看出從上游的清晰，經過很多人居住或許多工廠的地方越往下游越混濁，但有些地方也出現一些值得討論解釋的地方。因此我們在此針對研究工具效能、採集地點的代表性、與研究曲線出現特殊現象的地方進行討論，以釐清事實的真相。

## 一、研究工具的討論

本研究的工具有取水器、光三原色沙奇盤、與光伏特水濁度檢測儀等三項。以下我們針對預定採集地點的尋找、樣本採集、與水體檢測標準等進行討論。

### (一) 取樣地點的尋找與取水器

在規劃取水地點之初，本研究利用 Google Map 配合東港河流域概況圖進行搜尋，此舉花了不少時間。等所有地點確認後大量收集保特瓶，並將其洗乾淨，分批分期趕赴現場取水。但每一取水地點的狀況不一，有的地方下去並不容易，有些地方車輛不可及，尚須走上一段路才行，有些地方雜草叢生，有些地方必須踏上河岸竹筏才能取到水，而且有沙岸、石塊組成的斜坡河岸、有斜坡頗大的混凝土河岸、有垂直混凝土河岸等充滿各式的可能危險。取水過程有部分同學腳扭傷、膝蓋因滑倒而刮傷、腿被含羞草刺傷等，確實付出不少代價。還好我們設計了方便好用的「取水器」，它能伸長到 250cm，也能縮短到 80cm，它能利用旋轉水瓶的方法採集不一樣深度水樣本，因此，解決了不少取水地形的困擾。

### (二) 光伏特水濁度檢測儀的效能

經由一番的測試，我們依據科學研究的嚴謹態度，利用此儀器檢測採集回來的樣本，讓東港河流域的水濁度曝光。利用此儀器遵循的標準是：

1. 一定要校準：因為調光器可以控制 250W 燈泡的亮度，每次水體檢測時都要依原始設定值（太陽能光板發電電壓到 1.000V）進行一次的發光度校準，而且固定使用同一個校準燒杯，及同一個裝樣本的燒杯，以減少誤差值。校準後不關燈隨即換樣本杯檢測的目的，在於避免重開電源時造成電壓不穩定的誤差。

2. 暗房罩的使用：主要的目的是避免外在光線的干擾，以提高檢測值的準確度。

3. 三用電表電壓範圍：因為玩具太陽能光板發電量小，因此三用電表需轉到 2.0V 為最高值區間，此可檢測到微伏特（0.001V）的差異值，此可提高樣本間的差異量。

4. 避免在多電器使用狀況下的空間進行實驗，因為某些電器開啓時會讓通電電流改變，造成實驗極大誤差，因此我們都在單純的地下餐廳進行實驗檢測。

## 二、實驗結果部分折線圖不規則原因的探討

就整體實驗來看，比較特殊的狀況出現在東港溪主流域和麟洛溪的折線圖，以下就此兩區域折線圖變化進行討論：如圖 61。

東港溪主流域折線圖會出現 W 曲線，第一個底部

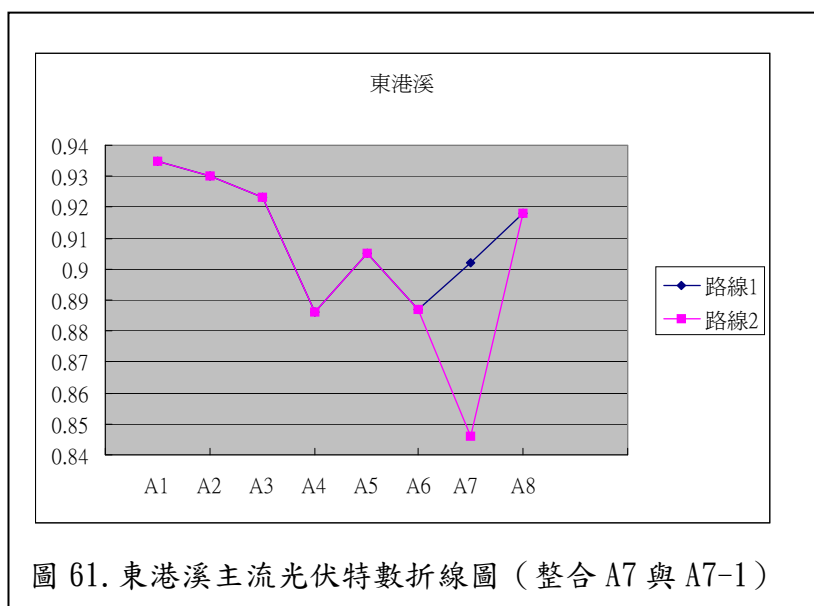


圖 61. 東港溪主流光伏特數折線圖（整合 A7 與 A7-1）



A4 受萬巒褒忠橋上方怪手河床施工與潮州大橋上方砂石車施工影響所致；第二個底 A6 受麟洛溪惡臭又污穢的河水匯流的影響所致；折線中 A5 水質轉好一些可能的原因有二：一是在萬丹興社橋附件有地下湧泉，二是河床水草的淨化作用。另一個突然劇降的點是在港西攔河堰取水站靠近省 27 號道靜水區 A7-1 的水，現場勘查時，倍感惡臭，還不時冒出污穢氣泡所致。

從港西攔河堰取水站開始折線向上（A7 和 A8），到出海口的進德橋水的「光伏特數」變大，顯示水濁度漸漸變小，我們僅能推論兩種可能：一是海水的滲入，稀釋污水的濃度，二是水生植物對水的淨化作用使然，因為沿線有許多大萍和布袋蓮。另外萬巒褒忠橋（F3）的「光伏特數」雖然是整個實驗的最小值，但與怪手河床施工有關，故不列入討論。

### 三、「光伏特數」與水濁度關係的對應

本研究結果無法準確指出自來水公司標定的水濁度，但可以從「光伏特數」判定水濁度的大小關係，為呈現有效的指標，我們利用「色層」的觀念，加上檢測水體的「光伏特數」訂出一個級數標準，設定 0.94V 為第 1 級，超過 0.94V 以上屬研究值範圍外，視為 0 級，每減少 0.01V 就增加 1 級，依此類推。結果如下表 13。

表 13、光伏特數與水濁度「色層」對照表

光伏特量 = 1	等級	0	清澈
光伏特量 >= 0.94	等級	1	↓
光伏特量 >= 0.93	等級	2	
光伏特量 >= 0.92	等級	3	
光伏特量 >= 0.91	等級	4	
光伏特量 >= 0.90	等級	5	
光伏特量 <= 0.89	等級	6	
光伏特量 >= 0.88	等級	7	
光伏特量 >= 0.87	等級	8	
光伏特量 >= 0.86	等級	9	
光伏特量 >= 0.85	等級	10	
光伏特量 >= 0.84	等級	11	
光伏特量 >= 0.83	等級	12	
光伏特量 >= 0.82	等級	13	
光伏特量 >= 0.81	等級	14	

### 柒、結論與建議

本研究的結論與建議如下列幾點：

#### 一、結論

- (一) 本研究參考環保署發佈的濁度計法所設計的「光伏特水濁度檢測儀」，經實驗證實具有檢測水濁度的效能。
- (二) 光三原色沙奇盤可以粗略測知水體透視度大小，但用眼睛觀看顏色消失及判讀透視度深度，科學性不夠嚴謹，易因人為因素造成誤差。
- (三) 從光三原色沙奇盤檢視水體發現，光的三原色紅綠藍在水中消失順序是藍、綠、紅。
- (四) 河水的濁度變化，從上游往下游水濁度會越來越大。
- (五) 東港溪流域最髒的河段是在麟洛溪段和港西攔河堰取水口。
- (六) 同一地方垂直水體，越往下游，水濁度有越低的趨勢。
- (七) 本研究結果參考氣象雨量多寡色層概念，以及我們的一開始想做「彩虹的鏡頭」研究初衷，創發了以「色層」來表達檢測地點的水濁度，其面貌如圖 62 和表 14~表 19，可很容易用顏色看出每個河段的水濁度大小，及每一支流水濁度的變化。

## 二、建議：

- (一) 就研究的範圍而言，東港溪流域地下水水濁度最高的地方在東港鎮興東里，水濁度最低的地方在潮州鎮的光春。但我們無法做「等深度」抽取地下水來檢測水體，故此項結果研究僅供參考。
- (二) 從研究結果顯示，麟洛溪流域的水濁度最高，與來自地方人士提供的訊息：當地許多畜產事業廢水排入河中吻合，因此提供本研究水濁度數值供參考，建議政府要求畜產事業單位能善盡環保責任，做好污水處理後，再排放至河流中。

## 捌、參考資料

- 一、陳國成、江瑞湖，**環境科學概論**，一版。大中國圖書公司，台北。P.157，2000 年。
- 二、劉德明，**環境科學**，二版。淑馨出版社，台北，P.434 - 435 - 449 - 450，1999 年。
- 三、行政院環境保護署（1996）。水庫水質監測採樣技術手冊，p6 - 10 - 12，現場採樣作業。行政院環境保護署。  
取自 <http://www.niea.gov.tw/niea/LIVE/E22050C.htm>
- 四、水中濁度檢測方法－濁度計法（中華民國 94 年 5 月 6 日環署檢字第 0940034336 號公告）。取至 <http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W21952C.htm>
- 五、台灣河川復育網。取至  
<http://trrn.wra.gov.tw/trrn/understandingRiver/view.do?id=12bf3033258000005f98>

# 東港溪流域光伏特數概況圖

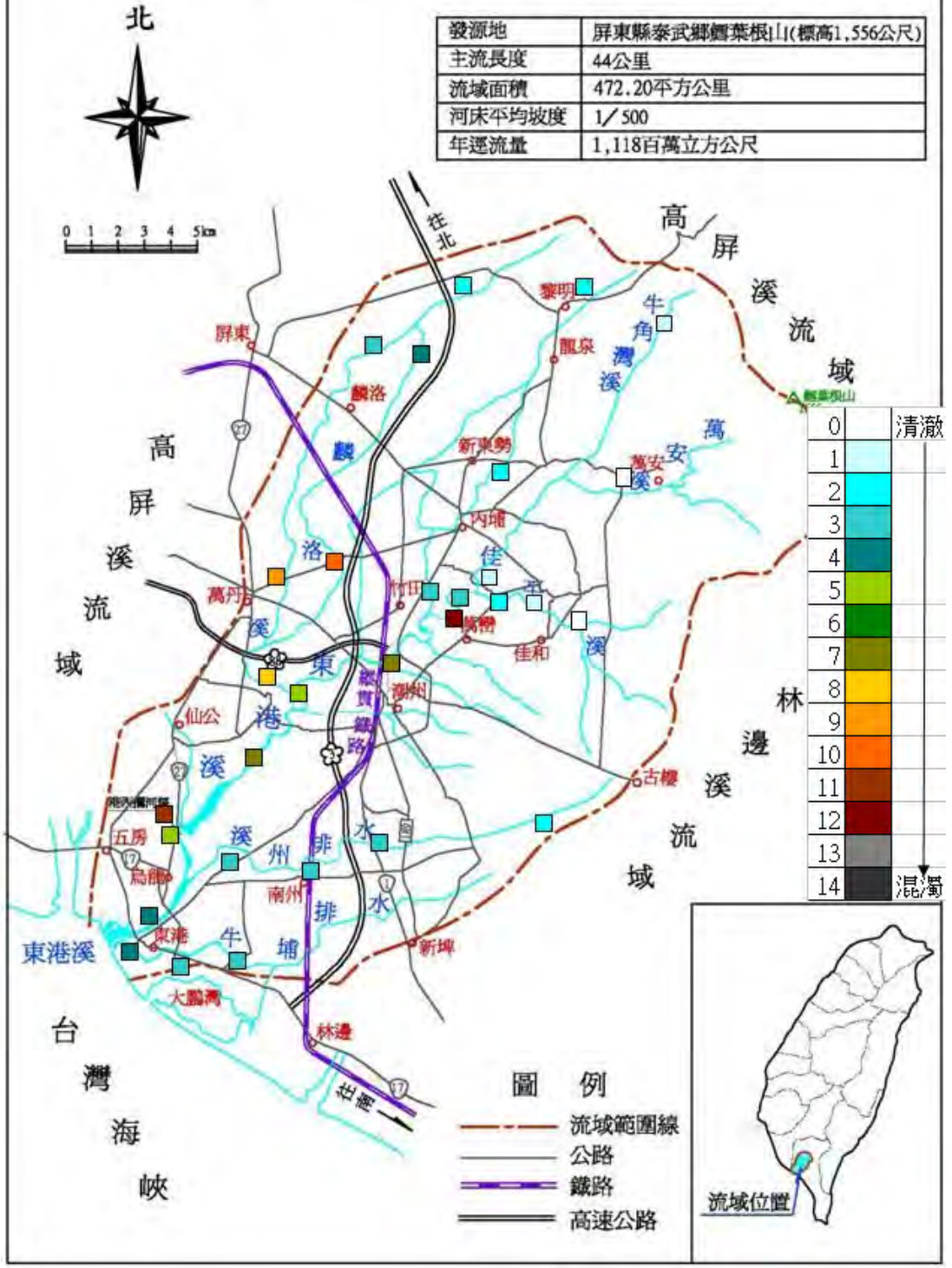


圖 62.東港溪流域取水點光伏特數色層圖

表14. 東港溪流域光伏特數色層概況表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
E	佳平橋	1.000	0	
D	沿山公路萬安橋	1.000	0	
C	五落水圳-隘寮溪源頭	0.941	1	
E1	佳平溪伏流水	0.940	1	
D1	萬安溪伏流水	0.940	1	
F1	五溝三合水	0.938	2	
A1	黎明社區水圳	0.935	2	
B1	繁華水圳	0.935	2	
G1	萬隆國小前水圳	0.933	2	
A2	東勢村水圳	0.930	2	
H1	下廊橋	0.929	3	
G2	屏鵝公路打鐵岔路	0.929	3	
B2a	千禧公園	0.926	3	
G3	南洲民族橋	0.926	3	
F2	隴東橋	0.926	3	
A3	內埔鄉大排	0.923	3	
H2	沿海路閘門上	0.922	3	
G4	越溪社區	0.922	3	
B2b	屏教大沙蛇溪	0.918	4	
A8	進德橋上方	0.918	4	
H3	東隆宮旁漁港	0.916	4	
A5	興化跨河	0.905	5	
A7	港溪攔河堰	0.902	5	
A6	力社橋	0.887	7	
A4	潮州大橋下方	0.886	7	
B4	萬新國中下方	0.870	8	
B3a	內埔路	0.861	9	
B3b	內埔路	0.850	10	
A7_1	港西攔河堰靜水區	0.846	11	
F3	褒忠橋	0.839	12	

表18. 溪洲排水~水濁度色層分析表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
G1	萬隆國小前水圳	0.933	2	
G2	屏鵝公路打鐵岔路	0.929	3	
G3	南洲民族橋	0.926	3	
G4	越溪社區	0.922	3	
A8	進德橋上方	0.918	4	

表15. 東港溪主流~水濁度色層分析表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
A1	黎明社區水圳	0.935	2	
A2	東勢村水圳	0.930	2	
A3	內埔鄉大排	0.923	3	
A4	潮州大橋下方	0.886	7	
A5	興化跨河	0.905	5	
A6	力社橋	0.887	7	
A7	港溪攔河堰	0.902	5	
A7-1	港西攔河堰靜水區	0.846	11	
A8	進德橋上方	0.918	4	

表16. 麟洛溪a~水濁度色層分析表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
B1	繁華水圳	0.935	2	
B2a	千禧公園	0.926	3	
B2b	屏教大沙蛇溪	0.918	4	
B3a	內埔路	0.861	9	
B3b	內埔路	0.850	10	
B4	萬新國中下方	0.870	8	
A6	力社橋	0.887	7	

表17. 三合水~水濁度色層分析表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
C	五落水圳-隘寮溪源頭	0.941	1	
D	沿山公路萬安橋	1.000	0	
D1	萬安溪伏流水	0.940	1	
E	佳平橋	1.000	0	
E1	佳平溪伏流水	0.940	1	
F1	五溝三合水	0.938	2	
F2	隴東橋	0.926	3	
F3	褒忠橋	0.839	12	
A4	潮州大橋下方	0.886	7	

表19. 牛埔排水~水濁度色層分析表

代號	地點名稱	光伏特數	等級	顏色
H1	下廊橋	0.929	3	
H2	沿海路閘門上	0.922	3	
H3	東隆宮旁漁港	0.916	4	



## 【評語】 080503

1. 在設計測量溫度計的精神可嘉，未來可在量化再做改進。
2. 實驗結果有助於了解東港溪的水質分布情形，以便作為水質改善依據。