

# 金門地區第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：追!追!追! 金門太湖優養化之調查與探究

關 鍵 詞：優養化、水質、生物指標



編 號：

# 追!追!追! 金門太湖優養化之調查與探究

## 摘要

透過這個研究，讓我們了解到太湖的優養化是多麼的嚴重！經過一次又一次的實地查訪，看到太湖最真實、最該令人疼惜的一面，知道我們就是污染太湖水的“元凶”！我們一直在不知不覺中，“很自然地”，把地面的污物、污水排入太湖。其次，動手做水質檢測，藉由環保局提供的簡易水質檢測包，從不同地點檢測太湖水質、認識水質。再經由環保署等資料的收集、統計，最近十年，太湖不管在什麼時間，優養化一直都很嚴重，達到藻華現象，卡爾森指數介於 61.9 ~ 81.4，超過優養指標值的 23.8% ~ 62.8%，這是值得我們擔心與警惕的。再者，透過生物觀察，我們也了解到，太湖及太湖水域有哪些生物、微生物等，藻華現象原來就是藍綠藻作祟。最後，期待能從我們自身做起，不汙染環境，還給太湖乾淨的水。

## 壹、研究動機

去年四月底，在學校上課的我們，常常聞到一陣陣的惡臭味，持續一週以上，使我們無法專心學習。經過我們四處的踏訪，我們發現，惡臭味原來是從校門口的太湖飄過來的，太湖的水面積滿了厚厚的一層綠藻，老師說，這就是優養化，藻華現象。更讓我們感到噁心的是，我們平時喝的、用的水都是太湖的水，對我們來說，太湖是多麼的和我們息息相關，於是我們想找出使太湖產生惡臭味的污染來源，也想知道太湖水質到底污染到何種程度，所以我們開始對太湖展開一系列的調查與研究。



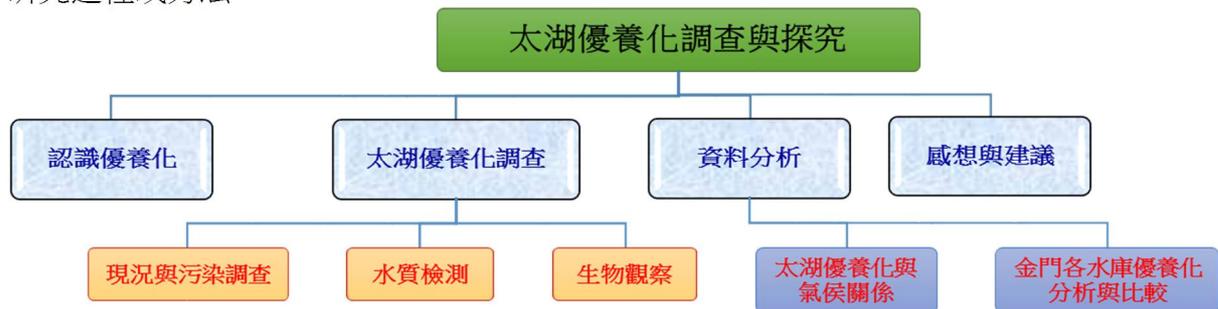
## 貳、研究目的

- 一、認識優養化的成因與影響。
- 二、調查太湖水質優養化的污染源與污染情況。
- 三、了解簡易水質檢測包的水質監測方法。
- 四、探討太湖優養化與氣候的關聯性。
- 五、比較太湖與金門其它湖庫優養化的差異。

### 參、研究設備及器材

簡易水質監測包、溫度計、廣用試紙、水桶、繩子、電腦、顯微鏡、顯微顯像器。

### 肆、研究過程或方法



(研究架構圖)

#### 一、資料蒐集與文獻探討

1. 蒐集優養化相關資料，了解優養化的成因與影響。
2. 上網搜尋或在圖書館尋找太湖相關資料與新聞報導，了解太湖的背景資料。
3. 蒐集與認識水質監測的項目，了解各種水質項目的意義與水質標準，尤其是優養化的監測與標準。

#### 二、實地調查

1. 利用課餘實際走訪太湖水源區及水庫區域，調查水源汙染原因並進行記錄、拍照與討論。
2. 沿太湖水源區走訪，觀察水中生物並記錄。
3. 利用大寶特瓶製作“生物籠”，吊掛於太湖岸邊水面下，觀察籠中有哪些生物出現並記錄。



4. 對太湖水進行採樣，取水面下較清澈的太湖水至實驗室顯微鏡下觀察，觀察水中的微生物有哪些。

#### 三、水質監測

1. 利用課餘至太湖水源區及太湖水庫進行水質監測與紀錄等。
2. 監測水質採用本縣環保局所提供的簡易水質檢測包 (WWMD test kits, LaMotte 公司產品)，係以調查包括：(1)水溫、(2)酸鹼值、(3)水體



溶氧及(4)濁度等 4 項一般最基本之水質參數。使用前都先仔細詳讀使用方法與注意事項，以求水質檢測數值的可信度。其意義與檢測步驟說明如下：

(1). 水溫

i. 意義：

代表水的冷熱程度，溫度會影響水的密度、黏性等物理特性。且溫度與水中溶氧有密切關聯。水溫高也會加速水中生物的活動速率及呼吸作用，影響一條河流的健康。

ii. 檢測步驟：

以實驗室溫度計置於在水面下約 10cm 處並維持約 1 分鐘後，再自水中取出讀取溫度。



(2). 溶氧

i. 意義：

指溶解於水中的氧氣量，一般以 mg/L 或 ppm 表示。河川的溶氧若低於 3.0mg/L，對大多數的魚類不利，甚至會死亡，只剩下吳郭魚及大肚魚等耐污染的魚類能生存。

ii. 檢測步驟：

(i) 將檢測包所提供小玻璃試管取下瓶蓋後，完全浸入待測水樣中，將試管裝滿水樣後小心取出。



(ii) 將 2 顆溶氧測試錠 TesTabs (DO 字樣) 輕輕置入試管中，隨即旋緊試管蓋，並確定試管中無氣泡殘留在內。

(iii) 反覆上下搖晃到藥片完全溶解為止，此步驟約需 4 分鐘時間。

(iv) 當藥片完全溶解後，再靜置 5 分鐘，水樣的顏色將產生變化。

(v) 利用溶氧色卡比對試管中水樣的顏色，並以 ppm 為單位記錄所得之溶氧值。

(vi) 利用溶氧飽和度%對照表，先找出水樣溫度，比對最上方的溶氧濃度，表中溫度與溶氧濃度之交點即為此水樣之“溶氧飽和度”。

(vii) 溶氧飽和度 (%) 對照表

不同溫度下 溶氧飽和度%		溶氧濃度 (比對溶氧色卡)		
		0 ppm	4 ppm	8 ppm
溫度 (°C)	2	0	29	58
	4	0	31	61

6	0	32	64
8	0	34	68
10	0	35	71
12	0	37	74
14	0	39	78
16	0	41	81
18	0	42	84
20	0	44	88
22	0	46	92
24	0	48	95
26	0	49	99
28	0	51	102*
30	0	53	106*
32	0	55	109*
34	0	57	113*
36	0	59	116*
38	0	60	120*
40	0	62	123*

註：一般而言，溶氧飽和度不會大於 100%，除非有過度曝氣或水中藻類生長旺盛及光合作用強。

### (3). 酸鹼值(pH 值)

#### i. 意義：

代表水中氫離子(H<sup>+</sup>)濃度多寡的指標，pH 值小於 7 為酸性，pH 值等於 7 為中性，pH 值大於 7 為鹼性。水中的酸鹼性也是決定水中生物生態的重要因素之一，很多水生植物只能生長在某一特定的酸鹼值內，太酸或太鹼的水域並不適合大多數的生物生存。

#### ii. 檢測步驟：

- (i) 將檢測包隨附的試管裝滿水樣；放入一顆 pH 檢測試錠 Wide Range TesTab (pH 字樣)
- (ii) 扭緊試管蓋子，反覆地上下搖晃到藥片溶解為止。
- (iii) 比對水樣與 pH 色卡上的顏色，讀取水樣 pH 值並記錄。
- (iv) 以實驗室廣用試紙再次測量 pH 值，與上述值比對。



### (4). 濁度

#### i. 意義：

指水中含有一些懸浮固體的量，如沙子、藻類、浮游生物或微生物等。濁度會影響河川的溫度以及水生動物生存所需的環境。

ii. 檢測步驟：

- (i) 在檢測包的廣口包裝容器底部貼上沙奇盤 (Secchi disk) 標籤。
- (ii) 將水樣注入廣口容器至注入水量之高度與外側標示的水位線等高。
- (iii) 將濁度色卡置於瓶口邊緣，朝廣口瓶底部觀察。比較瓶底沙奇盤 (Secchi disk) 標籤與色卡後，將水樣濁度以 JTU 為單位記錄。



3. 水質調查紀錄表(已修正為適合我們需要的形式)

調查日期：____年____月____日		氣溫：____°C	
時間： <input type="checkbox"/> 上午 <input type="checkbox"/> 下午 ____時____分			
調查地點：_____		經緯度：_____	
水體類別： <input type="checkbox"/> 溪流、河川 <input type="checkbox"/> 池塘、湖泊 <input type="checkbox"/> 水庫			
天氣： <input type="checkbox"/> 晴朗炎熱 <input type="checkbox"/> 晴時多雲 <input type="checkbox"/> 陰天 <input type="checkbox"/> 雨天			
河岸環境	植物種類	<input type="checkbox"/> 多 <input type="checkbox"/> 少 <input type="checkbox"/> 無 看見：_____	
	動物種類	<input type="checkbox"/> 多 <input type="checkbox"/> 少 <input type="checkbox"/> 無 看見：_____	
	沿岸污染	<input type="checkbox"/> 多 <input type="checkbox"/> 少 <input type="checkbox"/> 無 看見：垃圾、寶特瓶、塑膠袋等	
	其他	<input type="checkbox"/> 天然野溪（維持原始天然河道斷面、其他描述） <input type="checkbox"/> 低度治理河川（ <input type="checkbox"/> 人工斷面、 <input type="checkbox"/> 有未特別加高之土堤、 <input type="checkbox"/> 土石、 <input type="checkbox"/> 水泥加強護岸） <input type="checkbox"/> 高度整治河川（ <input type="checkbox"/> 人工斷面、 <input type="checkbox"/> 有特別混加高、 <input type="checkbox"/> 強化護岸、 <input type="checkbox"/> 鋼筋塊凝堤防、 <input type="checkbox"/> 其他描述：腳踏車步道、觀景臺、休憩棧道等	
感官調查	氣味	<input type="checkbox"/> 無異味 <input type="checkbox"/> 有異味，描述異味：_____	
	流速	<input type="checkbox"/> 快 <input type="checkbox"/> 慢 <input type="checkbox"/> 幾乎不流動	
	水量	<input type="checkbox"/> 多 <input type="checkbox"/> 少 <input type="checkbox"/> 接近乾涸	
	顏色	<input type="checkbox"/> 無色 <input type="checkbox"/> 綠 <input type="checkbox"/> 藍 <input type="checkbox"/> 土黃 <input type="checkbox"/> 褐 <input type="checkbox"/> 其他：深灰綠	
	漂流物	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 少 <input type="checkbox"/> 多 漂流物描述：_____	
	整體感受	<input type="checkbox"/> 舒適（很想將手腳浸泡其中）、 <input type="checkbox"/> 沒特別感受、 <input type="checkbox"/> 噁心（極不想接觸）	
水質檢測	水溫	____°C	酸鹼性 <input type="checkbox"/> 酸性 <input type="checkbox"/> 中性 <input type="checkbox"/> 鹼性 pH 值 _____
	渾濁度	<input type="checkbox"/> 低 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 高 濁度 _____	溶氧 <input type="checkbox"/> 溶氧量 _____ ppm <input type="checkbox"/> 溶氧飽和度 _____ %
其它			

(資料來源：世界水質監測日活動手冊)

四、資料分析

(一) 太湖優養化與氣候的關聯性

- 1. 在中央氣象局全球資訊網下載金門最近三年(2014~2016)的氣候資料(氣溫、雨量...)

項目	溫度(°C)	雨量	風速(公尺/秒)/風向(360°)/日期	相對濕度(%)	雲量	降水日數	日照時數
測站	平均 日期	最高/最低 (毫米)	最大十分鐘風 最大瞬間風	平均 日期	總計 (%)	(天)	(小時)
河空山	7.0 16.9/21.1	1.1/14 33.4	5.6/34.0/9 13.3/24.0/26	84 23/17	765.9	9	110.1
基隆山	10.2 17.6/21.6	1.6/6 33.9	4.0/20.0/6.6 11.7/21.0/26	81 23/17	874.7	14	139.4

2. 在水利署網站上查詢最近三年(2014~2016)的太湖水庫蓄水資料。

水庫名稱	水庫基本數據		每日資料總計		近期水質資料				
	水庫容積 (萬公方公尺)	總貯水量 (萬公方公尺)	總蓄水量 (萬公方公尺)	日水庫 蓄水量 (萬公方公尺)	水質等級	水質 類別	水質 類別		
金門水庫	20,234.00	20,234.00	112.41	122.09	0.85	2017-03-04(2017)	229.25	9,271.95	46.05%
潭頂水庫	13,253.20	13,253.20	8.20	103.47	0.84	2017-03-04(2017)	192.64	26,207.94	88.83%
鹿耳門水庫	3,947.10	3,947.10	14.80	45.64	0.79	2017-03-04(2017)	135.20	4,307.10	42.5%
永興山水庫	2,994.94	2,994.94	2.50	22.50	0.90	2017-03-04(2017)	77.12	4,799.12	59.99%
雙潭水庫	1,274.90	1,274.90	0.90	8.14	0.96	2017-03-04(2017)	56.91	784.45	56.41%
鵝鑾水庫	11,546.24	11,546.24	16.21	73.19	0.71	2017-03-04(2017)	283.91	6,403.04	56.22%
潭頂水庫	15,000.00	15,000.00	5.20	99.27	0.75	2017-03-04(2017)	1,389.24	6,713.14	58.09%

3. 在環保署網站的水質資料庫下載最近三年(2014~2016)的太湖水質資料。



4. 將上述資料整理、分類、作圖再分析、比較。

## (二) 太湖與金門其它湖庫優養化的比較

1. 在環保署網站的水質資料庫下載太湖及金門其它湖庫的水質資料。
2. 將上述資料整理、分類、作圖再分析、比較。

## 伍、研究結果

### 一、優養化

#### (一) 原因

「優養化」又稱為富營養化，水體優養化依其營養鹽的來源可概分為兩大類：

1. 天然性優養化(Natural Eutrophication)：

指湖泊於自然生態系中，由於自然營養鹽之沈降與累積，造成湖泊水質逐漸優養化，換句話說，該湖泊正在逐漸老化中，是水域自然生態系必然的演替過程。

2. 人為性優養化(Artificial Eutrophication)：

指湖泊或水庫由於集水區或水體上之人為活動增加，如：蔬果栽種、遊憩活動等，將大量營養鹽帶入湖泊或水庫中，導致水體中浮游動植物大量繁殖，造成水體生態系急遽變化，使得水質嚴重惡化。通常此種變化情形極快，往往只在短短數年時間內即可形成。

#### (二) 影響

1. 出現有毒藻類

藻類過度生長固然使初級生產力增高，卻會產生由少數藻類占優勢的現象，對魚、貝類來說，這些藻類通常有毒，反而造成大量水生生物死亡。

## 2. 破壞水域生態環境

當水流循環不佳，又有足夠的日照，且水溫在 0~25°C 的條件下，藻類便會大量繁殖且不斷持續下去，直到藻類數量足以遮蔽日照，導致水表以下的藻類無法行光合作用而大量死亡。藻類的腐爛及分解會消耗水中的溶氧，最終使水域中其他生物大量死亡，屍體腐爛又造成水質惡化。

## 3. 增加淨水成本

優養化往往使藻類族群發生變化，出現有毒的藍綠藻、甲藻，降低水體利用價值。此外，優養化易產生「藻華」現象，即一層藻類像地毯般蓋在水面上，容易造成水處淨水場取水口、過濾床的堵塞。藻類生長代謝增加水中溶解性有機物濃度，提高形成三鹵甲烷類化合物(THMs) 之可能，增加水之臭味及色度，這些現象都會增加水質的處理成本。

## 4. 提高自來水中三鹵化甲烷之濃度

水質優養化代表水中藻類過量，自來水處必須添加更多的氯，以去除原水中的有機物，殺死輸送過程中可能混入的病菌。但水中加氯過多會產生三氯甲烷 (chloroform)，此為「致癌前驅物」，它是氯和水中的廢物、有機物所合成的物質，有機物多的水質，亦即愈髒的水中會產生愈多的三鹵化甲烷。

(資料來源：水質優養化 - 台灣大學生物多樣性研究中心)

## 二、太湖水庫簡介

### (一) 建造背景

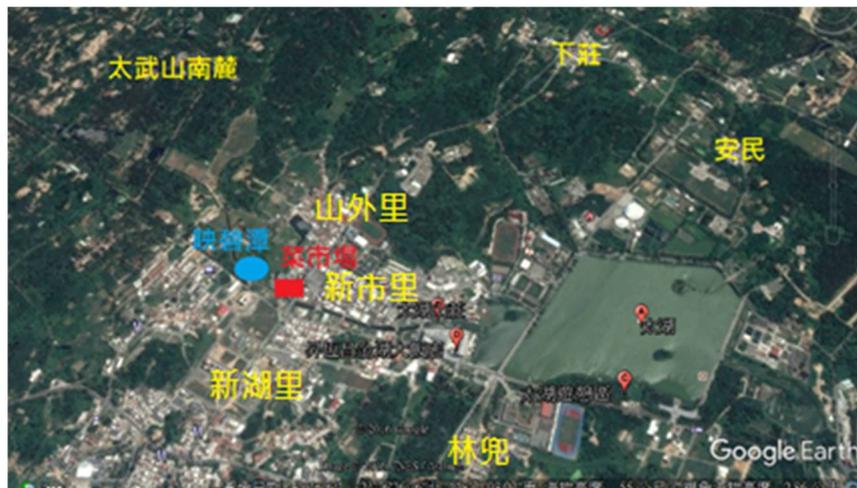
太湖水庫是金門最大的人工水庫，面積達 36 公頃，由當時駐軍協助挖掘興建，於民國 55 年 10 月動工，56 年 4 月修築完成，解決金門東半島乾旱時的缺水之苦，不但能供應東半島的民生用水，也可提供農業灌溉之用。

### (二) 周邊環境

1. 太湖水庫位於金湖鎮太湖遊憩區內，區內有中正公園、榕園等；周邊有金湖國中、金門農工職校、土校、羅寶田神父紀念公園及昇恆昌金湖大飯店等。



2. 四周緊鄰新市里、山外里、下莊、安民、林兜等村里，其中，新市里是金門東部最大、最重要的商業、住宅混合區。



### (三) 水源

1. 主要水源來自山外溪及起源自下莊的排水溝。
2. 長青協會附近的大排水溝。

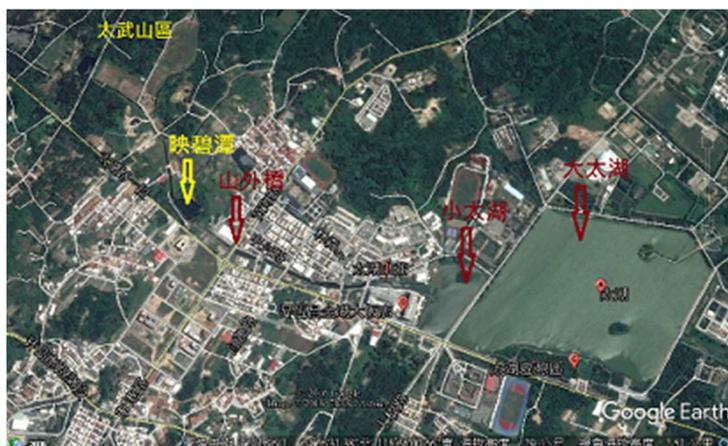
※山外溪上游~映碧潭，匯入映碧潭的水源主要有二處，一為出於太武山南麓的明德公園及陽明公園軍區，主要匯集山區澗水及軍區排水；另一水源亦出自太武山南麓的武陽臺軍區，兩水源匯於映碧塘入山外溪，流經新市里的金湖鎮公有零售菜市場、商店、住家一帶，最後注入太湖。

(資料來源:102 年金門縣環保局環境教育推動計畫期末報告)

### 三、太湖水質優養化的污染源與污染情況

#### (一) 山外溪

我們前後實地調查數次，時間分別是 2016 年的 4 月 28 日、5 月 3 日、5 月 8 日、5 月 16 日、5 月 23 日(豪雨過後)、7 月 11 日、10 月 09 日、12 月 6 日及 2017 年的 1 月 2 日、2 月 20 日、3 月 6 日等，並將山外溪分割成三個部份來說明：



#### 1. 太武山區至映碧潭：

- (1). 沿山外溪溯溪而上至擎天路附近的山區為軍事管制區，門禁森嚴，無法入內查訪。
- (2). 在軍區附近有牛隻放牧，這些牛隻在岸邊的排泄物可能因雨水逕流排入山外溪。
- (3). 河岸兩旁主要是農田，最近幾年積極開發土地，蓋房子、蓋工廠等建築材料、廢棄物及垃圾等都堆放在河岸旁。
- (4). 河堤上可清楚看見污水管正在排放污水(污水管為橙黃色)；其中，很明顯看到蓋在河岸旁的新房子的污水管是直接排入山外溪的。
- (5). 河堤上也有一般下水道管路正在排水。(灰色水管、方型排水溝)
- (6). 水較淺的河道裡長滿了雜草，河水流量不大。
- (7). 以肉眼觀察，此區溪水尚稱清澈，顏色淺綠，沒有明顯異味。



## 2. 映碧潭至山外橋：

- (1). 人行便橋下，幾乎都設置排水渠，再者，沿著河堤，也看到許多的排水溝渠(涵洞)正在排水，把山外溪兩側住家及社區的地面水排入山外溪。
- (2). 在塔后社區附近，山外溪南側排水溝匯集太湖路兩側水溝的地面水流入山外溪，當我們在太湖路上訪查時，恰巧看到正在興建中的房子，其家戶污水管出口就排管在道路邊的水溝上。
- (3). 菜市場後方有一垃圾場，專門放置各攤販打包的垃圾，地板髒亂且氣味腥臭，可能因雨水沖刷或地面沖洗，使地面垃圾、汙物等流入山外溪。
- (4). 河道水淺，河道長滿雜草，水流緩慢，相隔幾天的再次調查，恰巧看見水道上的雜草已除，回復乾淨的水道。
- (5). 山外橋緊鄰菜市場，自此開始，水裡有較多的垃圾，橋下溪流的水面漂浮大量油汙及零星垃圾，藻類叢生，並有明顯的腥臭味。



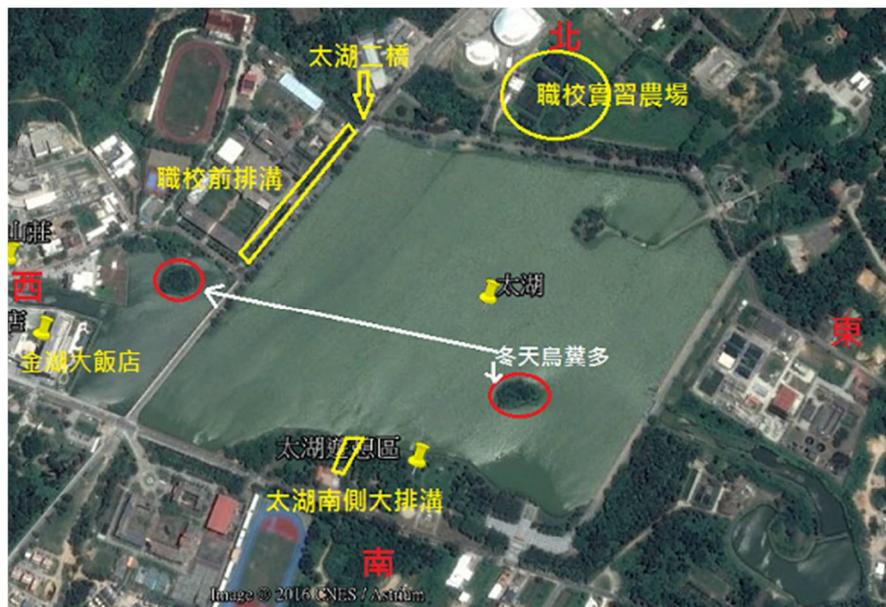
 <p>河岸北側排水渠</p>	 <p>路旁房子的污水管出口在水溝上</p>	 <p>溪旁的垃圾場</p>
 <p>菜市場 溪邊兩側是菜市場及住家</p>	 <p>長滿雜草的南岸排水渠口</p>	 <p>清除雜草後的南岸排水渠口</p>
 <p>清除雜草後的河道</p>	 <p>靠近山外橋的水面上佈滿油汙、藻類</p>	 <p>河道裡的垃圾</p>
 <p>映碧潭</p>	 <p>映碧潭水流入山外溪</p>	 <p>溪底悠游的吳郭魚群</p>

### 3. 山外橋至太湖之區域

- (1). 自山外橋往太湖方向開始，水面漂浮大量油汙，一整片綠藻繁生、聚集，氣味難聞、令人噁心。
- (2). 地面水溝的排水都排入山外溪，山外橋邊正是攤販聚集最多的地方，賣肉、賣菜、賣各式小吃及雜貨店等，每天早市結束後，商家都會沖洗地面，無意中把地上的汙物沖入水溝，排入山外溪。
- (3). 沿岸河堤有很多排水溝(渠、涵洞)，有明顯的排水或水痕。



## (二) 太湖周邊及太湖



### 1. 農工職校附近(太湖西北側)

- (1). 職校前有一個大排溝，用水泥牆分隔成數個小水池，水泥牆由南向北，高度逐漸降低，每道牆上緣處有 3 個小洞，可讓水池水依序由南向北流動。排溝水來自校內排水，漸次流向職校左側的另一條排溝，水色由綠到深綠色，有些水池水面聚集很多垃圾或長滿布袋蓮、雜草等，當排水流至側邊排溝時已

成極深綠色，惡臭熏天、令人噁心。

- (2). 職校左側附近，幹訓班的排水溝及土校路的地面水溝都把雨水、地面水匯集排入職校側邊的排溝，再流經太湖二橋橋下進入太湖。
- (3). 土校路旁的水溝，水色深綠，表面佈滿藻類，溝裡水位與太湖等高。

		
農工職校前的大排溝	承左圖，校內排水入排溝	承左圖，排溝內漂浮一些垃圾
		
承上圖，排溝內雜草叢生	職校前方排溝排水入側邊排溝再排入太湖	承左，地面水溝出口在側邊排溝
		
職校側邊排溝	土校路旁水溝水為深綠色	福壽螺卵

## 2. 昇恆昌金湖大飯店(小太湖西側)

主體建築距離小太湖約 40 公尺，在旅館與小太湖中間劃設 10 公尺以上的隔綠帶，污廢水並未排入小太湖。其在興建初期規劃廢水處理設施，並設置雨水截流溝，回收標準之污廢水使用於沃灌綠地、沖馬桶及清洗道路等。



### 3. 職校實習農場附近(太湖北側)

- (1). 有一大排溝，匯集下莊、南雄、實習農場等地的雨水或地面水。排溝沿線上有一些小水池，水色深綠，水池裡除了長滿布袋蓮、雜草外，還有很多垃圾，有股很臭的臭味，隔著馬路直接排入太湖。
- (2). 環北側太湖周邊的小水溝，在這一帶排入太湖。

		
從下莊而來的排水溝	排水溝裡到處垃圾、寶特瓶	排水溝旁的水池
		
流入太湖的排溝渠道	環太湖北側的水溝	環湖小水溝排水入太湖
		
鳥類啃食的吳郭魚	長滿布袋蓮等的水池	水色深綠，藻類聚集，有臭味

### 4. 金湖鎮太湖長青協會(太湖南側)

在長青協會附近有大排水溝，把太湖公園及太湖路三段附近的地面水排入太湖。

		
太湖公園排水渠	溝裡水色墨綠	排水溝水排入太湖

## 5. 太湖

- (1). 2016 年 4 月，校園內瀰漫一股濃濃的腥臭味，歷時數週，我們尋味從校外紅綠燈處觀察太湖發現，(太湖南側)
  - i. 太湖水色深綠，水面上有一長形帶狀白色氣泡。
  - ii. 水面上積滿厚厚的一層綠藻，有死魚飄浮。
  - iii. 清潔隊正在打撈水面上的藻類，路旁尚有幾袋未清除的垃圾(內裝藻類)。
- (2). 在幾次的環湖觀察發現，
  - i. 天氣晴朗無風(或微風)的日子，在太湖邊角水草叢生處及南北兩側岸邊常看到較多的藻類聚集。
  - ii. 冬天風大的日子，太湖的水會因此掀起波瀾，翻起的水花甚至把路面打濕，同時，原本聚集在岸邊水面的藻類也會被打散，不見蹤跡。
  - iii. 風大的時候，湖水沖擊湖岸，翻攪岸邊泥沙，使岸邊湖水濁度變高。
  - iv. 從去年 4 月到今年 3 月，只要不是風大的日子，環湖觀察，幾乎都可在湖面上看見明顯的藻類聚集，並聞到腥臭味。
- (3). 去年 5 月 22 日，金門單日雨量高達 112.5 毫米，造成太湖水質混濁，水色土黃，大量雨水從地面逕流入山外溪或太湖，使得湖面上到處是垃圾與樹枝，隔天，又看見清潔隊在打撈，岸邊又是一袋又一袋的垃圾。
- (4). 今年 1 月 2 日，天氣晴朗、微風，早上 9 點，我們在太湖南側岸邊看到一整片藻類沿著南側太湖步道分佈；微弱的南風徐徐吹著，下午四點半，我們在北側中正紀念林附近看到一大片的藻類，且一直有零星的藻類隨風往北側漂移靠近。
- (5). 大、小太湖是金門有名的賞鳥區，湖中央分別有座光復島及華夏島，每到冬天，鳥類棲息在小島上，很多的鳥，很多的排泄物，最後會把整座小島的樹由綠色“便”成灰白色，再流入太湖。



大太湖南側水面佈滿藻類、污物



小太湖南側水面佈滿藻類、污物



死魚飄浮



水面氣泡成帶狀分佈



清潔隊正在打撈藻類、污物



尚未清完的垃圾(藻類)



有水草的角落容易聚集藻類



角落聚集的藻類令人噁心



風大湖面水花四濺

溫度 | 雨量 | 風力 | 紫外線  
 最近1小時 | 日累積 | 2日累積 | 3日累積  
 資料時間:05/22 05:40

排行	雨量(毫米)	測站名稱	所在縣市
1	112.5	金門(金)	金門縣(合作站)
2	109.5	金門	金門縣金城鎮(氣象站)
3	20.5	合歡山	南投縣仁愛鄉
4	19.5	合歡山莊	花蓮縣秀林鄉(合作站)
5	18.5	南天池	高雄市桃源區
6	17.0	雪嶺	臺中市和平區

20160522 金門單日雨量 112.5 毫米



豪雨後，水色混濁



豪雨後，清潔隊打撈湖面垃圾



20170102 早上在太湖南側的綠藻



20170102 下午漂移到太湖北側的綠藻



冬天島上樹木，由綠轉白，佈滿鳥糞



停泊在小太湖的小船



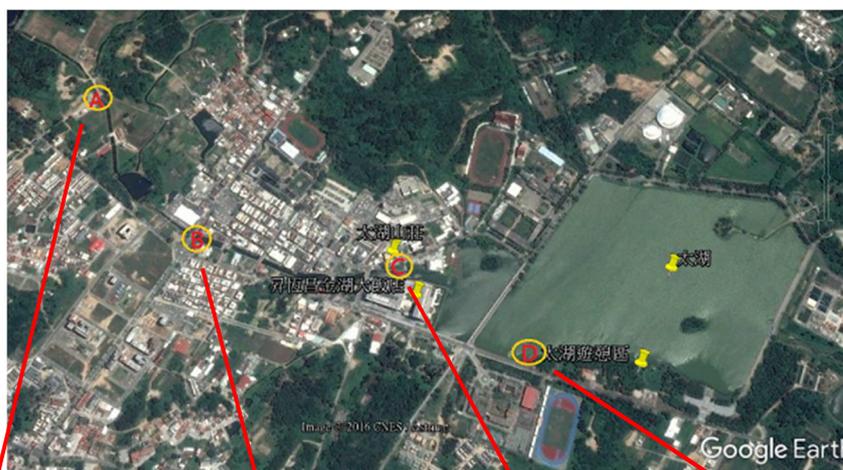
端午前，農工職校進行龍舟練習



風大湖水拍打，岸邊湖水易混濁

#### 四、水質檢測

##### (一) 檢測地點



A 點位置經緯度：  
24°26'42.30"北  
118°24'37.79"東

B 點位置經緯度：  
24°26'27.78"北  
118°24'48.78"東

C 點位置經緯度：  
24°26'24.47"北  
118°25'6.88"東

D 點位置經緯度：  
24°26'16.31"北  
118°25'20.54"東

##### (二) 太湖水質檢測紀錄

日期	採樣地點	水體顏色	氣溫 (°C)	水溫 (°C)	溶氧 ppm	溶氧飽和度 (%)	酸鹼值 (pH 值)	濁度 (JTU)
20160428	A	淺綠色	21	18	4	42	8	40
	B	綠色	21	18	4	42	8	40
	C	綠色	21	18	4	42	8~9	40
	D	綠色	21	18	0~4	0~42	9	40
20160523 (豪雨過後)	A	土黃色	25	22	4	46	8	100
	B	土黃色	25	22	4	46	8	100
	C	土黃色	25	22	4	46	8~9	100
	D	土黃色	25	21	4	45	8~9	100
20160711	A	淺綠色	29	26	4	49	8	40
	B	綠色	29	26	4	49	8	40
	C	綠色	29	26	4	49	9	40
	D	綠色	29	26	4	49	9	40
20161009	A	淺綠色	23	21	4	45	8	40
	B	綠色	23	21	4	45	8	40
	C	綠色	23	21	4	45	8~9	40
	D	綠色	23	20	4	44	9	40

20161206	A	淺綠色	17	13	4	38	8	40
	B	綠色	17	13	4	38	8	40
	C	綠色	17	13	4	38	8~9	40
	D	綠色	17	13	0~4	0~38	9	40
20170220	A	淺綠色	14	11	4	36	8	40
	B	綠色	14	11	4	36	8	40
	C	綠色	14	11	4	36	9	40
	D	綠色	14	10	0~4	0~36	9	40

(三) 整理：

1. 山外溪及太湖水體顏色為淺綠色~綠色。
2. 水體溶氧為約 4ppm，溶氧飽和度約為 36~49%。
3. 水體 pH 值為 8~9，呈鹼性。
4. 水體濁度為 40~100 JTU。
5. 將近一年的時間，從山外溪到太湖，水質檢測的溶氧飽和度、酸鹼值、濁度等數值差異不大。

五、生物觀察

(一)一般生物

※掛網地點



1. 山外溪

(1). 福壽螺及卵

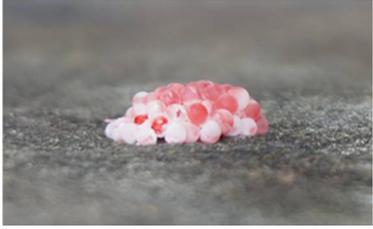
沿山外溪河道看見很多福壽螺的卵，粉紅色的，沿著河道，到處都有。

(2). 大肚魚

溪底有很多大肚魚，魚肚鼓鼓的、光澤亮亮的，但不易打撈。

(3). 吳郭魚

溪裡看見一些吳郭小魚，但不易打撈。

		
福壽螺卵	福壽螺	溪底的大肚魚、吳郭魚
		
準備誘餌(雞心、玉米等)	掛籠等待	撈起的籠子，超級噁心、超級髒

2. 太湖

(1). 吳郭魚

捕到 1 隻，大小約 7 公分。



(2). 秀麗白蝦

捕到約 30 隻，最大身長約 7 公分。



(3). 羅漢魚(麥穗魚)

捕到 1 隻，大小約 8 公分。



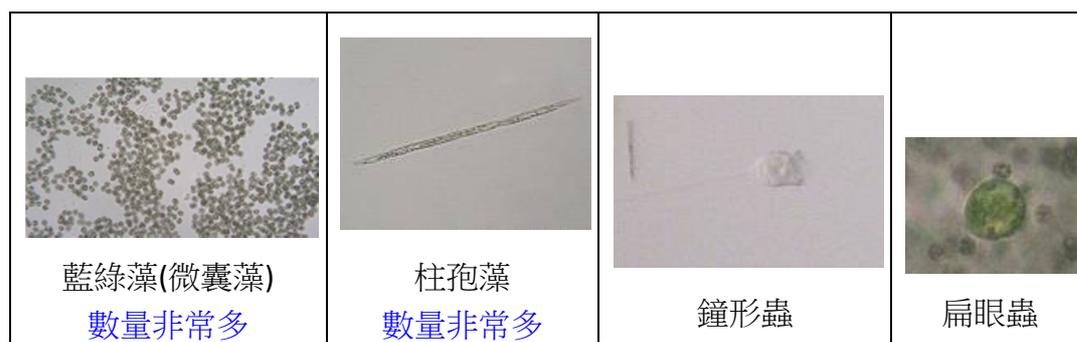
(二)微生物 (微生物皆用生物顯微鏡放大 400X 後，在實驗室自行拍攝)

(1). 山外溪

(僅列出能辨識出物種名稱的微生物，尚有很多需要辨識的物種，如附件二)



(2). 太湖



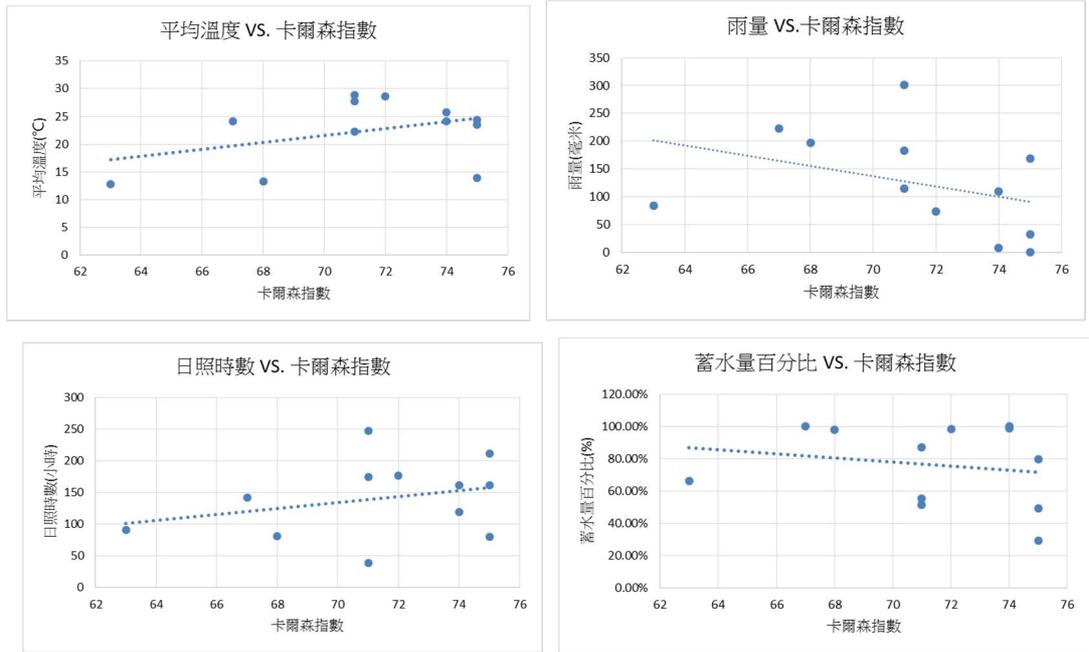
六、資料分析

(一) 太湖優養化與氣候的關聯性

1. 卡爾森指數與氣候：(對兩者作圖，從簡單的線性趨勢線來分析)

- (1). 平均溫度越高，卡爾森指數越高。
- (2). 雨量越高，卡爾森指數越低。
- (3). 日照時數越高，卡爾森指數越高。

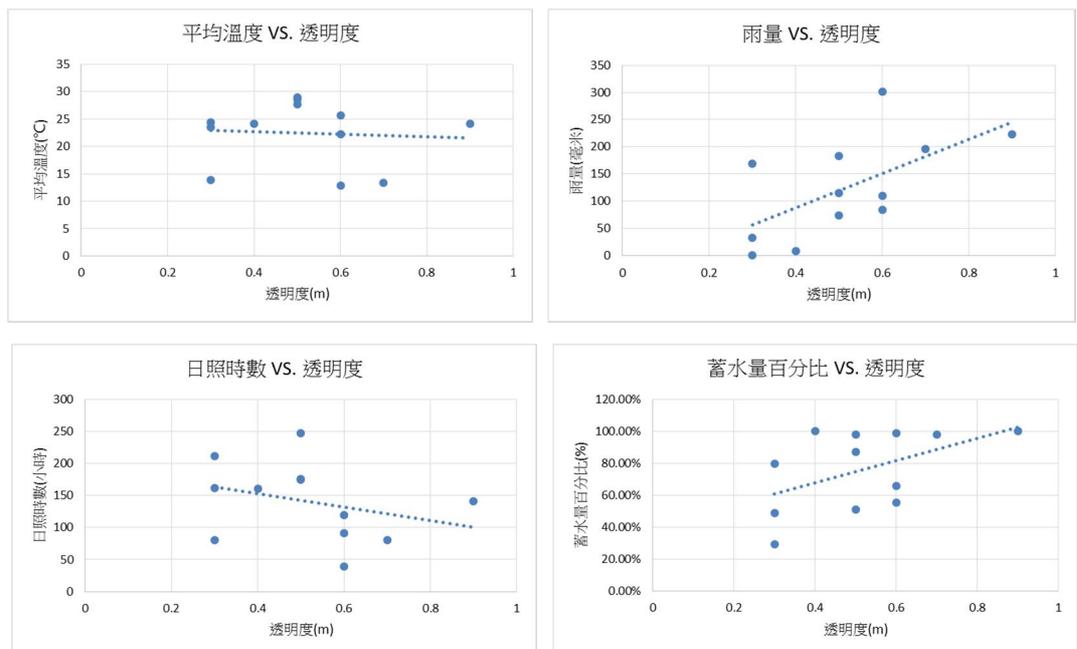
(4). 水庫蓄水量百分比越高，卡爾森指數越低。



(統計資料來源:環保署網站、中央氣象局網站)

2. 透明度：(對兩者作圖，從簡單的線性趨勢線來分析)

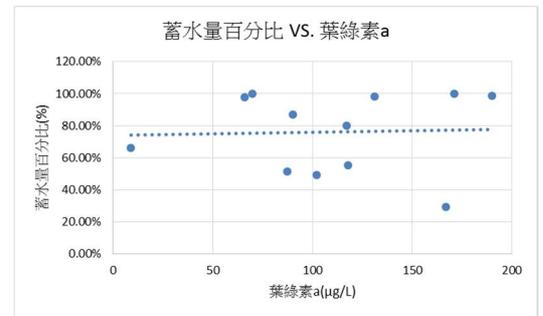
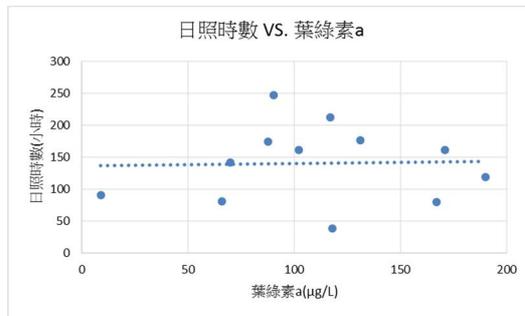
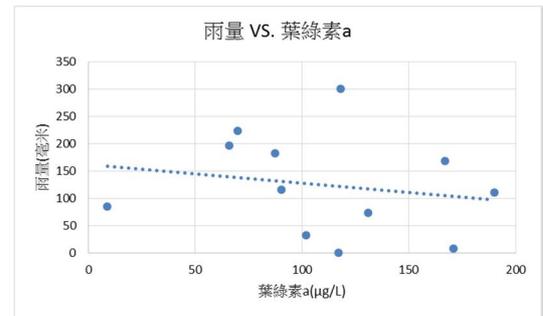
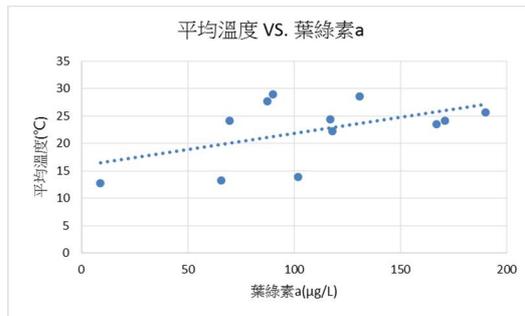
- (1). 平均溫度越高，透明度值微幅降低。
- (2). 雨量越高，透明度值越高。
- (3). 日照時數越高，透明度值越低。
- (4). 水庫蓄水量百分比越高，透明度值越高。



(統計資料來源:環保署網站、中央氣象局網站)

3. 葉綠素 a：(對兩者作圖，從簡單的線性趨勢線來分析)

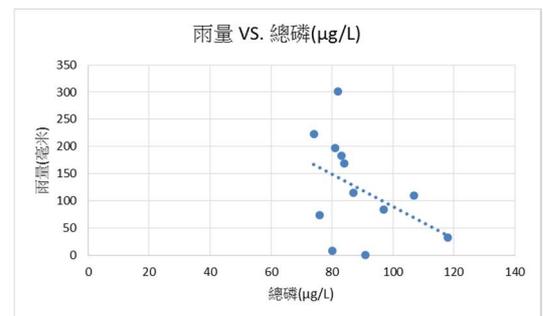
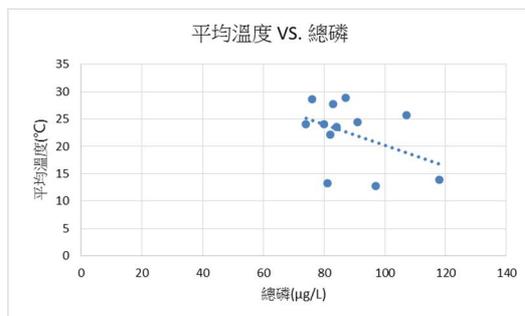
- (1). 平均溫度越高，葉綠素 a 值越高。
- (2). 雨量越高，葉綠素 a 值越低。
- (3). 日照時數越高，葉綠素 a 值微幅增加。
- (4). 水庫蓄水量百分比越高，葉綠素 a 值微幅增加。

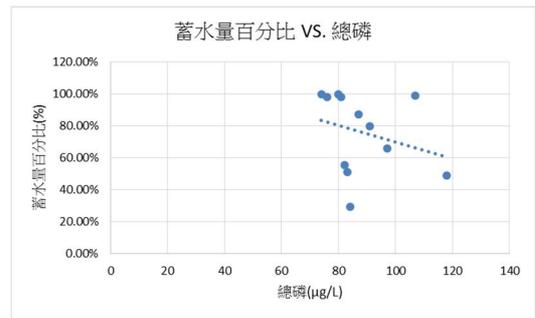
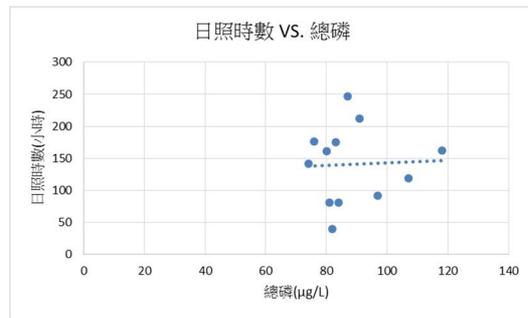


(統計資料來源:環保署網站、中央氣象局網站)

4. 總磷：(對兩者作圖，從簡單的線性趨勢線來分析)

- (1). 平均溫度越高，總磷值越低。
- (2). 雨量越高，總磷值越低。
- (3). 日照時數越高，總磷值微幅增加。
- (4). 水庫蓄水量百分比越高，總磷值越低。





(統計資料來源:環保署網站、中央氣象局網站)

## (二) 太湖與金門其它湖庫優養化的比較(2014~2016 年)

1. 金門各水庫的優養化嚴重，  
監測到的卡爾森指數介於  
46~91，優養的比例高達  
98.4%。

(卡爾森指數 > 50 代表優養)



2. 與卡爾森指數相關的透明度、葉綠素 a 及總磷的參數也都顯示金門各水庫屬於優養化狀態。

- (1). 透明度數值介於 0.2m ~ 1.8m，優養的比例高達 100%。

(透明度值 < 2m 代表優養)。

- (2). 葉綠素 a 數值介於 1.3 $\mu\text{g/L}$  ~ 532 $\mu\text{g/L}$ ，優養的比例高達 95.2%。

(葉綠素 a 值 > 7.2 $\mu\text{g/L}$  代表優養)。

- (3). 總磷數值介於 15 $\mu\text{g/L}$  ~ 351 $\mu\text{g/L}$ ，優養的比例高達 95.9%。

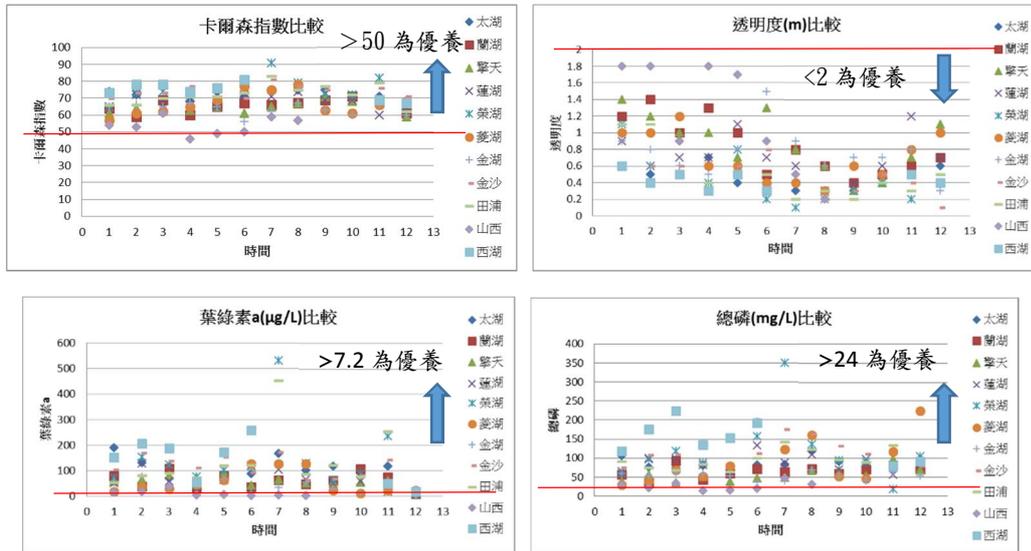
(總磷值 > 24 $\mu\text{g/L}$  代表優養)。

3. 我們根據環保署水質資料庫的資料進行統計發現，

- (1). 最近三年(2014-2016)，金門各水庫的優養化嚴重，卡爾森指數達優養限值的比例幾乎是 100%，如下表所示。

- (2). 太湖優養化的情況並不是金門最嚴重的，另外的滎湖、金沙、田浦及西湖等四個水庫的水質優養化應該更嚴重，卡爾森指數高達 80，甚至是 90，可以說是“超超優養化”。

	太湖	蘭湖	擎天	蓮湖	榮湖	菱湖	金湖	金沙	田浦	山西	西湖
卡爾森指數大於50的百分比	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	100
卡爾森指數大於60的百分比	100	92	92	100	100	92	92	100	100	13	100
卡爾森指數大於70的百分比	75	8	8	33	75	25	0	100	75	0	75
卡爾森指數大於80的百分比	0	0	0	0	17	0	0	8	8	0	13
卡爾森指數大於90的百分比	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0



(資料來源:環保署網站)

## 陸、討論

### 一、從環保署水質資料庫探討太湖優養化

#### (一) 卡爾森指數與優養化

##### 1. 卡爾森指數 (Carlson's TSI)

國際上多數以卡爾森指數為衡量水體優養化現象的參考指標。它是以總磷、葉綠素 a、透明度等三個參數按照公式算出來的數值。

$$\text{卡爾森指數(CTSI)} = \frac{[ \text{TSI(SD)} + \text{TSI(Chl-a)} + \text{TSI(TP)} ]}{3}$$

SD：透明度；Chl-a：葉綠素 a；TP：總磷；

TSI 指數計算方法：

$\text{TSI(SD)} = 60 - 14.41 \times \ln(\text{SD})$ ，SD（透明度）之單位為 m

$\text{TSI(TP)} = 14.42 \times \ln(\text{TP}) + 4.15$ ，TP（總磷）之單位為  $\mu\text{g/L}$

$\text{TSI(Chl-a)} = 9.81 \times \ln(\text{Chl-a}) + 30.6$ ，Chl-a（葉綠素 a）之單位為  $\mu\text{g/L}$

註：ln 為自然對數。

2. 卡爾森指數判定優養化之標準

卡爾森指數	優養程度
CTSI<40	貧養
$40 \leq \text{CTSI} \leq 50$	普養
CTSI>50	優養

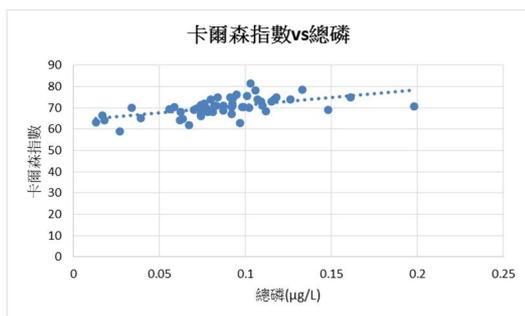
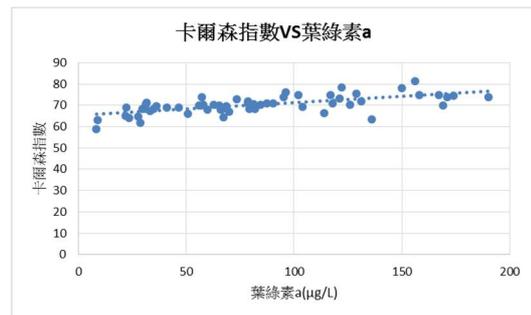
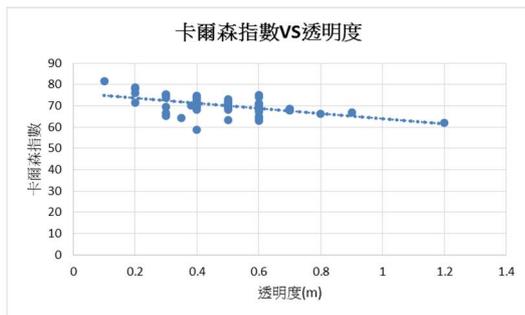
3. 卡爾森(Carlson)單一參數指數判定優養化之標準

等級	總磷(μg/L)	葉綠素 a(μg/L)	透明度(m)
貧養	<12	<2.6	>4
普養	12~24	2.6~7.2	2~4
優養	>24	>7.2	<2

(資料來源:環境保護署網站)

4. 從環保署水質資料庫下載最近 10 年(2007 年~2016 年)之太湖水質的卡爾森指數、透明度、葉綠素 a 及總磷等資料進行分析，我們發現：

- (1). 透明度數值越高，卡爾森指數越低。
- (2). 葉綠素 a 數值愈高，卡爾森指數越高。
- (3). 總磷數值愈高，卡爾森指數也會跟著較高。



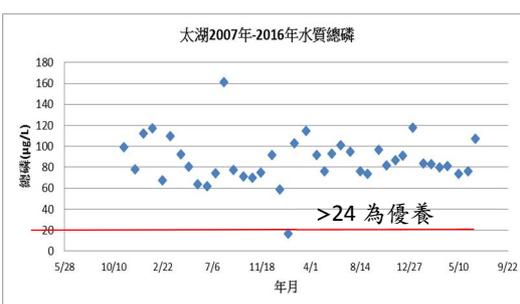
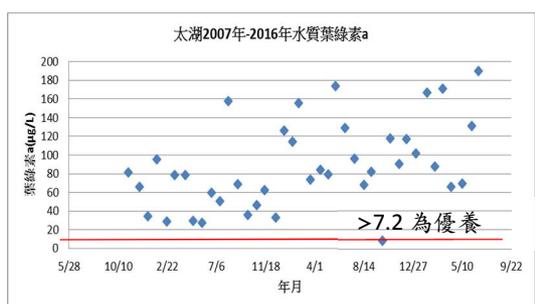
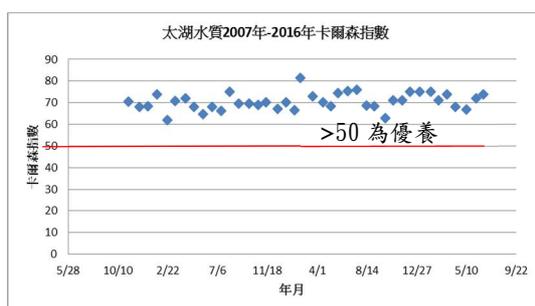
(統計資料來源:環境保護署)

## (二) 太湖水質優養化探討

1. 從環保署水質資料庫下載 2007 年至 2016 年之太湖水質的卡爾森指數、透明度、葉綠素 a 及總磷等資料分析，這十年來，太湖水質一直處在非常嚴重的優養化現象，利用各含養參數說明如下：

	卡爾森指數 (標準)	透明度(m) (標準)	葉綠素 a( $\mu\text{g/L}$ ) (標準)	總磷( $\mu\text{g/L}$ ) (標準)
貧養百分比	0.0 ( $<40$ )	0.0 ( $>4$ )	0.0 ( $<2.6$ )	0.0 ( $<12$ )
普養百分比	0.0 (40~50)	0.0 (2~4)	0.0 (2.6~7.2)	2.5 (12~24)
<b>優養百分比</b>	<b>100.0</b> ( $>50$ )	<b>100.0</b> ( $<2$ )	<b>100.0</b> ( $>7.2$ )	<b>97.5</b> ( $>24$ )

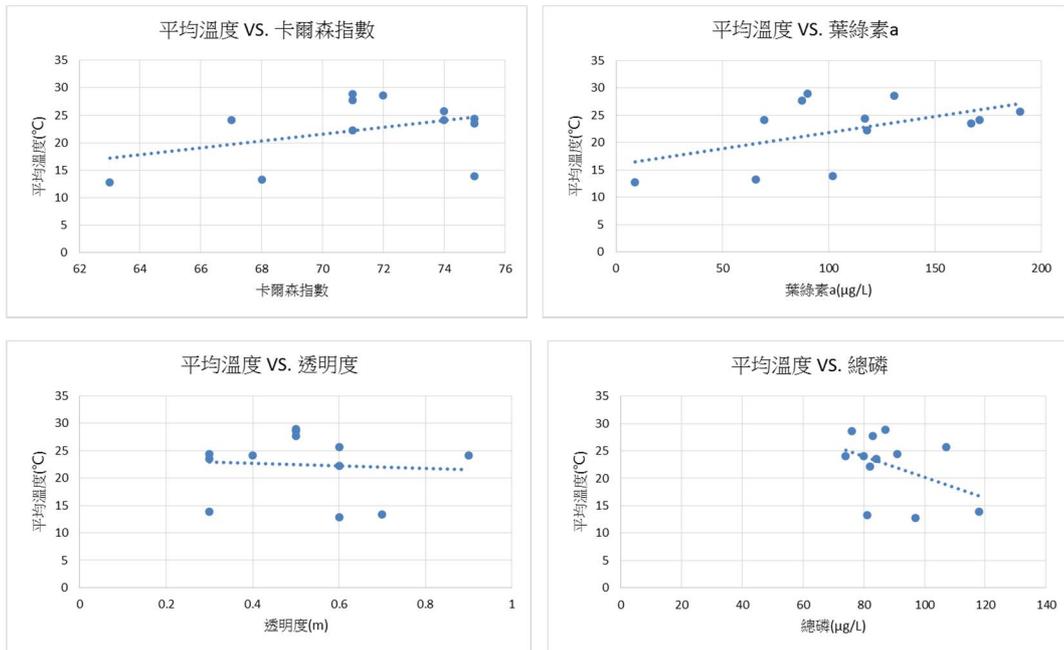
2. 從 2007 年~2016 年的環保署水質資料觀察，太湖水質的卡爾森指數介於 61.9 ~ 81.4，超過優養限值的 23.8% ~ 62.8%。(可見太湖的水，“營養”爆表)
3. 太湖水質的透明度數值介於 0.1m ~ 1.2m，低於優養限值的 90% ~ 40%。(可見太湖的水，透光性非常不好)
4. 太湖水質的葉綠素 a 數值介於 27.6  $\mu\text{g/L}$  ~ 190  $\mu\text{g/L}$ ，超過優養限值的 283% ~ 2538%。(驚人的數字，可見藻類非常多)
5. 太湖水質的總磷數值介於 16.9  $\mu\text{g/L}$  ~ 161  $\mu\text{g/L}$ ，在優養部分，超過優養限值的 144.6% ~ 570.8%。(非常可怕，值得深思，人工污染物怎麼這麼多)



## 二、太湖優養化與氣候

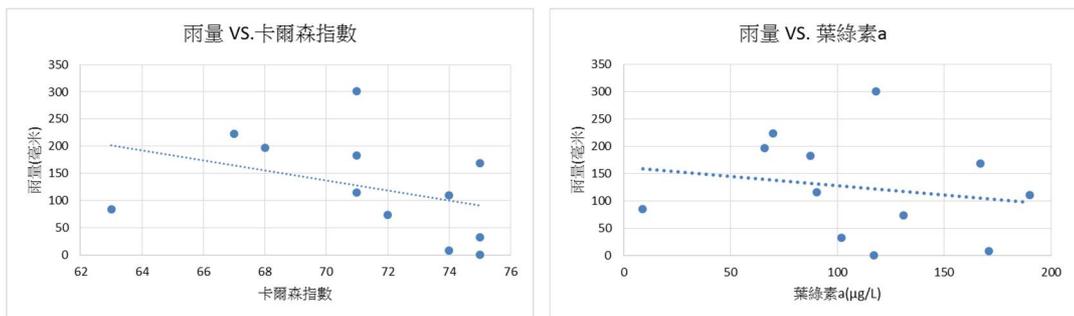
### (一) 氣溫：從資料分析的線性趨勢線來看

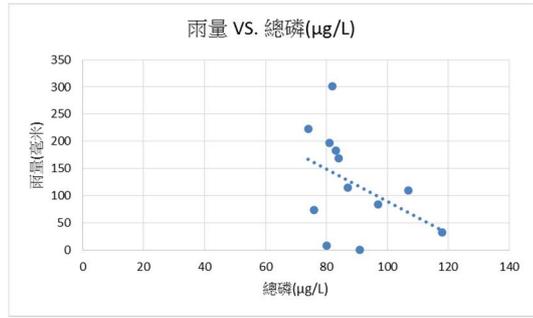
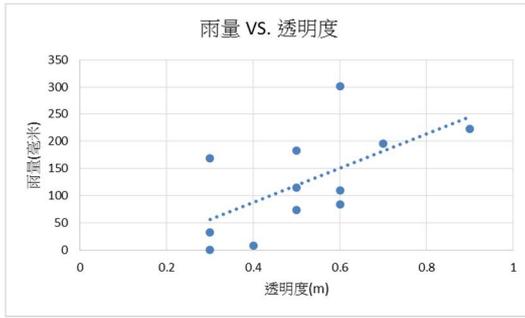
1. 溫度高，藻類生長快，繁殖也快，藻類就越來越多，優養化嚴重，所以，卡爾森指數會越高。
2. 水中藻類多，所以水中的葉綠素 a 會增加。
3. 藻類多，水中的物質增加，故水體透明度降低。
4. 藻類生長需要養分，所以，水中的總磷值會下降。



### (二) 雨量：從資料分析的線性趨勢線來看

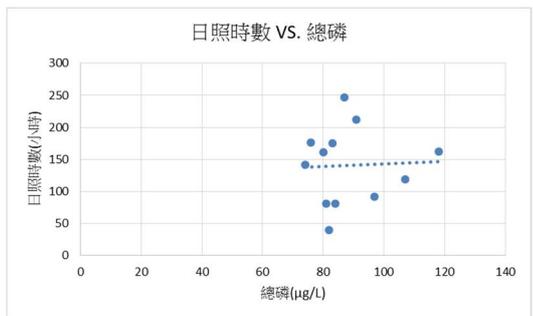
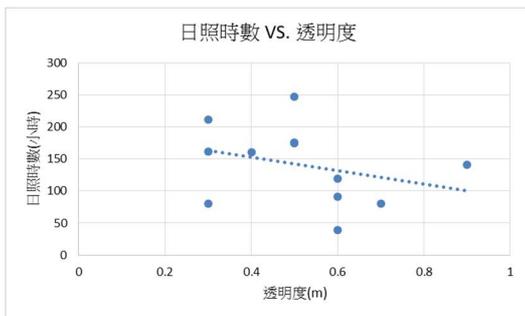
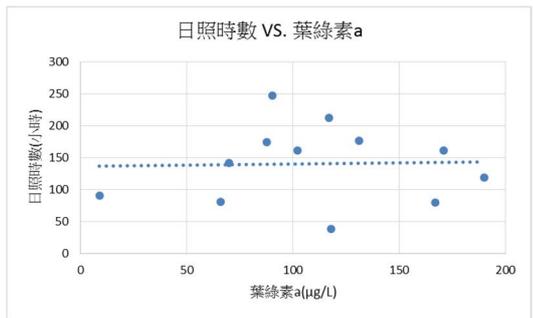
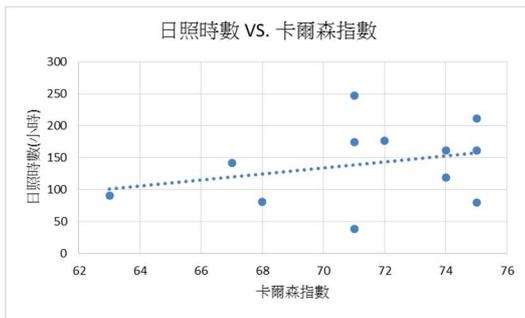
1. 雨量多時，有較多的水進入水庫，將水體稀釋，藻類的密度也被稀釋，故卡爾森指數會越來越低。
2. 雨量多時，水中的葉綠素 a 值或總磷值的分析結果和卡爾森指數類似。
3. 相反地，雨量多時，有較多的水進入水庫，將水體稀釋，故水體透明度增加。





(三) 日照：從資料分析的線性趨勢線來看

1. 日照時數越多，藻類有更多的時間可以行光合作用，生長越快，繁殖越多，優養化越嚴重，故卡爾森指數越高。
2. 但相反地，水中藻類增加，水中物質越多，故水體透明度降低。
3. 日照時數多，水中的葉綠素 a 值或總磷值雖有微幅增加，但不明顯，表示日照時數對藻類生長的影響是有限制的。



三、水質與生物觀察

1. 在山外溪及太湖觀察到的生物有吳郭魚、羅漢魚、大肚魚、鯽魚、福壽螺及秀麗白蝦等，這些生物幾乎都是外來種，適應力強，在各種類型的水體皆能存活，常見於中度~重度汙染的水域，正好與太湖水質狀況相呼應。

2. 在太湖不同採樣點觀察到的微生物，幾乎只有銅綠微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)及柱孢藻(*Cyclindrospermopsis raborskii*)，其次是扁眼蟲(*Phacus sp.*)及鐘形蟲(*Vorticella*)等。其中，銅綠微囊藻及柱孢藻是造成台灣很多水庫優養化的強勢藻類，顯示太湖水質已非常惡化。
3. 從山外溪觀察到的微生物種類比太湖多，顯示山外溪水質環境還未惡劣到只剩下強勢物種可以生存。
4. 在太湖，撥開上層厚厚的藻類後，在較清澈的湖水裡，幾乎只看到柱孢藻，很少有其他的微生物。
5. 水質檢測結果很難看出山外溪和太湖水質的差異，但經過微生物的觀察後發現，山外溪各採樣點的微生物物種明顯比太湖多很多，生物多樣性較高，汙染程度應不及太湖。

## 柒、結論

### 一、造成太湖水質優養化的主因為

1. 山外溪兩側農田、住家、商店之地面汙水流入山外溪，再流入太湖。
2. 太武山南麓，新蓋建築物的污水管未確實連接污水處理系統。
3. 水庫周邊的農工職校、土校、下莊排水溝及太湖長青協會等處的排溝將地面汙水排入太湖。
4. 太湖島上的鳥類排泄物流入太湖。

二、太湖水質優養化的情況非常嚴重，從環保署最近 10 年的監測資料顯示，比卡爾森指數的優養限值高出 23.8% ~ 62.8%。

三、金門不只太湖水質處於優養化的情況，其他水庫的優養化程度亦非常嚴重，甚至比太湖的情況更糟糕。

四、從水中生物與微生物的觀察，可輔助了解太湖水質的汙染概況。

五、造成太湖優養化至出現藻華現象的藻類主要為銅綠微囊藻與柱孢藻(都屬藍綠藻)。

## 捌、建議與感想

一、政府相關機構要落實汙水處理政策，對於新蓋建築物的汙水接管須特別留意與稽查，

避免汗水不當排放。

- 二、加強一般民眾的環保教育與宣導。藉由這次的調查發現，一般民眾沖洗地面污物，為求方便，都把垃圾等污物直接沖刷入水溝，而不是先進行地面清掃，減少污物進入水溝的機會。再者，直接沖洗地面的作法不但容易將汗水排入溪流，也容易造成水溝阻塞。

#### 玖、參考資料及其他摘要

- 一、康軒文教事業。自然與生活科技第二冊第六章人類與環境(P.160-P.177)。106.02。
- 二、康軒文教事業。自然與生活科技第六冊第四章永續發展(P.132-P.163)。106.02。
- 三、陳佳綾。2012。台灣絲狀藻類之分類及生態調查。國立高雄海洋科技大學水產養殖所碩博士論文。
- 四、陳義雄、吳瑞賢、方力行。民 91。金門淡水及河口魚類誌。內政部營建署金門國家公園管理處。
- 五、吳俊宗。藻類與環境。科學研習月刊。51-7
- 六、施志昫 游祥平台灣的淡水蝦 1998 國立海洋生物博物館
- 七、吳俊宗。藻類與水質。2017.03.23，取自  
[proj1.sinica.edu.tw/~hispi/program/doc/99/20110122Wu\\_Jiunn\\_Tzong.pdf](http://proj1.sinica.edu.tw/~hispi/program/doc/99/20110122Wu_Jiunn_Tzong.pdf)。
- 八、陳韻如，水質優養化 - 台灣大學生物多樣性研究中心，2017.03.19，取自  
<http://biodiv.ntu.edu.tw/biodivctr/upload/article/004.htm>。
- 九、中央氣象局全球資訊網。每月氣象資料。2017.03.19，取自  
<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyData/mD.htm>。
- 十、行政院環境保護署。水質監測。2017.03.19，取自  
<http://wq.epa.gov.tw/Code/Default.aspx?Water=Dam>。
- 十一、台灣地區主要水庫蓄水量報告表。水利署。2017.03.19，取自  
[http://fhy.wra.gov.tw/ReservoirPage\\_2011/StorageCapacity.aspx](http://fhy.wra.gov.tw/ReservoirPage_2011/StorageCapacity.aspx)