

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 地球科學科

最佳(鄉土)教材獎

030503

生於「優」患，死於「氫」樂

—西莒水庫資源調查

學校名稱：連江縣立敬恆國民中學

作者：  國二 陳冠霖  國二 王品媛  國二 陳威廷	指導老師：  陳泓元
---	------------------

關鍵詞：馬祖、水庫、優養化

作品名稱：生於「優」患，死於「氨」樂

## —西莒水庫資源調查

### 摘要

- (一) 菜埔沃水庫停用的原因為水質污染造成，本次研究判斷為垃圾場與軍營汙水流入導致。
- (二) 由實驗數據可以推斷，水質污染導致水庫優養化，造成微生物大量繁殖，濁度、葉綠素、卡爾森指數皆以超標。
- (三) 觀察到的微生物有水蚤、線蟲、新月藻、星盤藻、單胞藻、四聯原藻、剛毛藻、團藻、劍水蚤、藍球藻等。

關鍵詞：馬祖、水庫、優養化

# 壹、研究動機

## 一、點點滴滴得來不易

2013 年 10 月 18 日（五）在秋季郊遊的這一天，我們去自來水廠參觀，從水廠叔叔的口中才知道，西莒的水資源是如此得來不易！原來從水龍頭扭開嘩啦啦傾瀉而下的乾淨水源，是經過這麼多人的努力與一段漫長的淨化旅程，才能成為日常生活所需用水。

從此我們對於水資源的議題就特別的關心，有一次在課堂上，老師說水資源將是未來全球化的經濟問題，尤其台灣雖然降雨量很多，但是大多數的降雨都流入大海一去不復返了。於是我們抓緊機會詢問馬祖水資源相關問題，原來馬祖的降雨量只有 1000 毫米左右，而且大部分都流入海裡，水資源非常拮据，我們西莒只有兩個水庫，然而菜埔沃水庫不知道為什麼無法使用，全島的性命都維繫在樂道澳水庫之上，心中的使命感油然而生，自己的水庫就要由我們來守護，所以我們想一探究竟，為什麼菜埔沃水庫會停用呢？



圖 1-1 參觀自來水廠

資料來源：自行拍攝



圖 1-2 瞭解淨水運作過程

資料來源：自行拍攝

## 二、研究題材與課本教材的相關性

我們找老師討論這個問題，並在一上翰林版地理，一上、一下、三下康軒版自然課本中，發現與研究相關內容，我們認真閱讀、共同討論，找尋研究方法。

我們的研究題材與國中課程相關的單元有：

(一) 一上康軒自然 第二章 生物體的構造

活動 2 • 1-1 複式顯微鏡的使用

(二) 一下康軒自然 第 6 章 人類與環境

6-1 人類對環境的衝擊

(三) 三下康軒自然 第 4 章 永續發展

4-2 環境汙染

4-3 全球變遷

(四) 一上翰林地理

1-4 地圖閱讀

5-2 河川的水系與流域、5-4 台灣河川開發與保育

6-2 臺灣的環境問題與災害

## 貳、研究目的

### 一、研究目的

- (一) 能正確使用儀器，採集水庫水源並檢測水質。
- (二) 能正確使用顯微鏡，觀察水庫中的微生物。
- (三) 能藉由地形瞭解水庫集水區與污染源。
- (四) 根據研究所得，提出建議事項。

### 二、待答問題

- (一) 如何使用儀器，採集水庫水源並檢測水質？
- (二) 如何使用顯微鏡，觀察水庫中的微生物？
- (三) 如何藉由地形瞭解水庫集水區與污染源？
- (四) 根據研究所得，提出建議事項為何？

## 參、研究設備及器材

### 一、實測器材

水質採樣瓶、水層取樣器、濁色度計、分光光度計、溶氧計、酸鹼度測試筆、電子目鏡、顯微鏡、紅外線溫度計。

### 二、實測記錄

於 103 年 2 月 23 日、4 月 30 日至菜埔沃水庫實際採取水樣，且借用水廠實驗室設備進行檢測；回校後使用顯微鏡觀察水中微生物。

### 三、西莒自來水廠觀測資料

分析西莒自來水廠取得 2002~2013 年菜埔沃水庫水質觀測資料。



圖 3-1 水質採樣瓶  
資料來源：自行拍攝

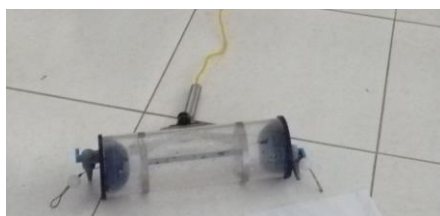


圖 3-2 水層取樣器  
資料來源：自行拍攝



圖 3-3 濁色度計  
資料來源：自行拍攝

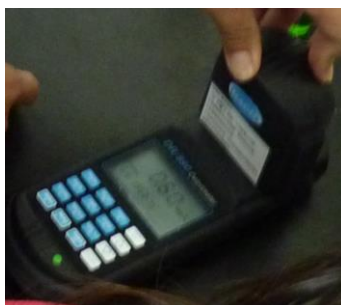


圖 3-4 分光光度計（測量氨氮濃度）  
資料來源：自行拍攝



圖 3-5 DO-5509 溶氧計

資料來源：自行拍攝



圖 3-6 PH600 酸鹼度測試筆

資料來源：自行拍攝

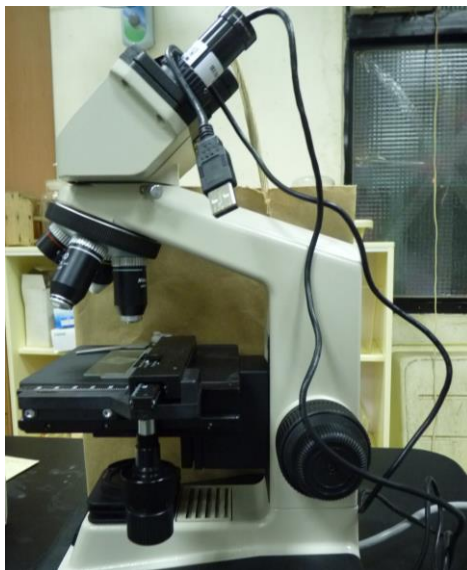


圖 3-7 顯微鏡與電子目鏡

資料來源：自行拍攝



圖 3-8 紅外線溫度計

資料來源：自行拍攝

## 肆、研究方法與過程

### 一、研究方法流程圖

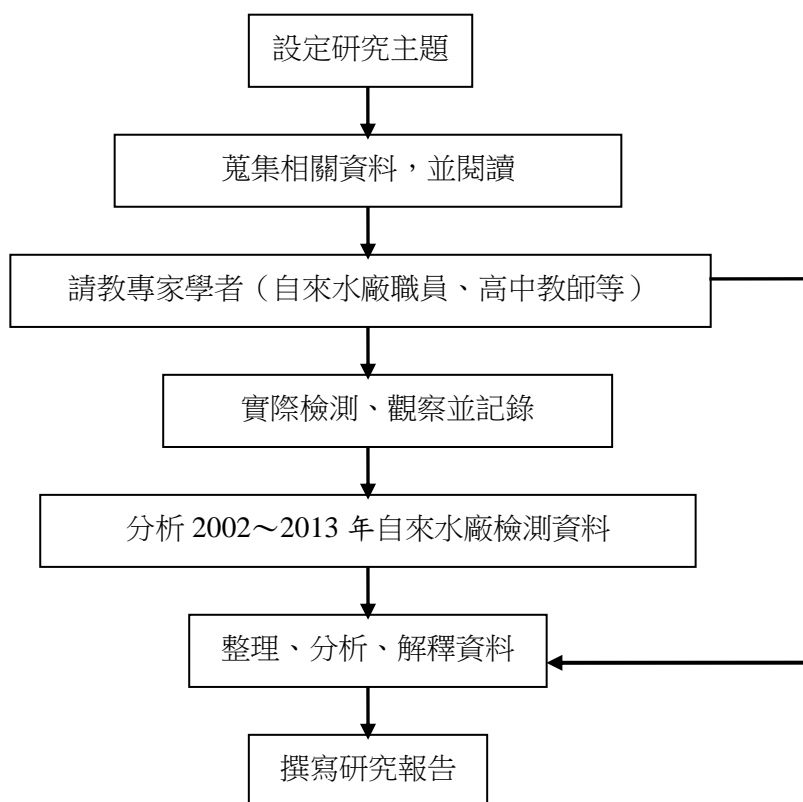


圖 4-1 研究流程圖

資料來源：自行繪製

## 伍、研究結果與討論

### 一、文獻探討、資料蒐集

第一步，我們先閱讀莒光鄉誌，在第八章 第一節 水利建設中得知：莒光鄉地屬小山丘，岩盤及沙質地，儲水不易，農地用水，灌溉困難，政府有鑑於此，



乃爭取中央補助興建水庫，進行水資源開發。（莒光鄉公所，2007）

菜埔沃水庫座落於西莒菜埔沃內側，於民國六十二年興建完成，集水區面積 8 公頃，總蓄水量 4,047 立方公尺，年進水量 28,376 立方公尺，由軍方管理。（莒光鄉公所，2007）

接著我們前往自來水廠拜訪曹鳴凱先生，得知菜埔沃水庫於兩三年前因污染問題而停用，目前屬於無人整治的情形。我們也發現水質惡化嚴重，在攔沙壩內發現蟾蜍屍體（如圖 4-2）。



圖 5-1 菜埔沃水庫

資料來源：自行拍攝



圖 5-2 攔沙壩內的蟾蜍屍體

資料來源：自行拍攝

經過初步的探討，我們得知：水庫停用與水源污染有關，所以，接下來使用儀器，實際檢測水庫水質。

## 二、實際測量水質與分析

### (一) 指標訂定與意義

依照環保署網站規定的水庫監測項目，進行檢測，但是因為受限於可以使用的儀器，我們挑選了操作較簡單，上課又有學過的項目來進行檢測。

#### 1. 水溫 (Temperature)

(1) 水溫的變化以氣候影響為主，廢污水排放也會對水溫造成影響。水溫會影響水的密度、表面張力等物理性質，在化學方面亦可影響化學反應速率及氣體溶解度等，在生物方面則可能影響微生物的活性及其代謝速率等。

(2) 這次實驗我們以 (°C) 為單位。

#### 2. 氫離子濃度指數 (酸鹼度、pH)

pH 值代表水中氫離濃度的多寡，濃度越高則代表水質越酸。我們以 pH 值來表示水中的酸鹼度，pH 值越小則代表酸性越強；pH 值越大則代表鹼性越強。水質的酸鹼程度直接影響了水中生物的生長，太酸或太鹼對於生物生長都是不利的，**正常的水應該以中性偏鹼 (6.5~8.5) 為主。**

#### 3. 濁度 (Turbidity)

(1) 表示光入射水體時被散射的程度。濁度的來源包括黏粒、粉粒、細微有機物、浮游生物或微生物等，濁度高會影響水體外觀並阻礙光的穿透，進而影響水生植物的光合作用。濁度高還會使魚類的呼吸作用受阻，影響其生長與繁殖，甚至窒息而死亡。濁度高亦會干擾淨水處理時的消毒作用。

(2) 濁度的測定可藉由濁度計，利用光線散射原理量測。單位採用飲用水濁度測量的標準單位 NTU (Nephelometric turbidity unit)。自來水的濁度標準為 **2NTU**。

#### 4. 氨氮 (Ammonia nitrogen)

(1) 含氮有機物主要來自動物排泄物及動植物屍體的分解，分解時先形成胺基

酸，再依氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮程序而漸次穩定。因此當水體中存在着氨氮，可表示該水體受污染時間較短。

- (2) 我們借用自來水廠的儀器，使用靛酚比色法，依序加入藥劑後，顏色越深代表氨氮濃度越高，再以分光光度計做顏色的分析，求得精確的數值，單位是 mg/L。水庫的氨氮標準為 1mg/L 以下，飲用水的標準為 0.1mg/L 以下。

## 5. 溶氧 (Dissolved oxygen, DO)

- (1) 指溶解於水中的氧量。水中溶氧可能來自大氣溶解、自然或人為曝氣，以及水生植物的光合作用等，水若受到有機物質污染，則水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，造成水中溶氧降低甚至缺氧。
- (2) 這次實驗我們採用溶氧計測量溶氧量，單位為 mg/L。大於等於 6.5 代表未受汙染；小於 2.0 則代表重度污染。

### (二) 實驗步驟

#### 1. 採水



圖 5-3 採取原水

資料來源：自行拍攝

- (1) 使用自來水廠借用的水層取樣器，分別採取 1m、2m、4m、6m 不同水層的水樣進行分析，以便了解水庫內垂直分布的生物特性。
- (2) 準備四個採樣瓶貼上標籤後，分別採水，由上層先行取水，以減少對下層水樣的干擾。
- (3) 收集水時先以水樣清洗取水瓶，減少取水瓶中殘留其他物質的可能性。



圖 5-4 發現蝦子

資料來源：自行拍攝



圖 5-5 實地紀錄

資料來源：自行拍攝

## 2. 氣溫水溫測量

使用紅外線雷射槍溫度計，瞄準取樣水進行水溫檢測。瞄準天空測量氣溫。

## 3. 酸鹼度測定

使用 PH600 酸鹼度測試筆，使用前先以清水洗淨，後放入溶液中等待一段時間數值穩定後，即為該水樣的酸鹼度。

## 4. 濁度測定

使用光線散射的原理，越混濁的水透光率越差，光線散射用多。首先將水樣放入測量用的試管，將外表仔細擦拭乾淨，以消除外表的髒污，降低測量的誤差，再放入光學的儀器之中，測量濁度的精確數值。



圖 5-6 濁度測定

資料來源：自行拍攝

## 5. 氨氮濃度

(1) 使用靛酚比色法，將水樣放置專用的檢測試管，並且設定一管去離子水當作對照組，後加入藥劑 1，使它充分的混合後等待 3 分鐘，再加入藥劑 2，充分混合後，等待 15 分鐘，等待反應完成，放入去離子水的對照組，將機器調整歸零，利用分光光度計分析試管水的顏色，來判定氨氮濃度的多寡。

(2) 因為我們借用的儀器是檢測自來水的氨氮濃度，所以氨氮濃度的上限只能測到 0.6mg/L，超過檢測範圍部分用 0.6 以上記錄。



圖 5-7 水廠替代役大哥指導檢測氨氮濃度

資料來源：自行拍攝

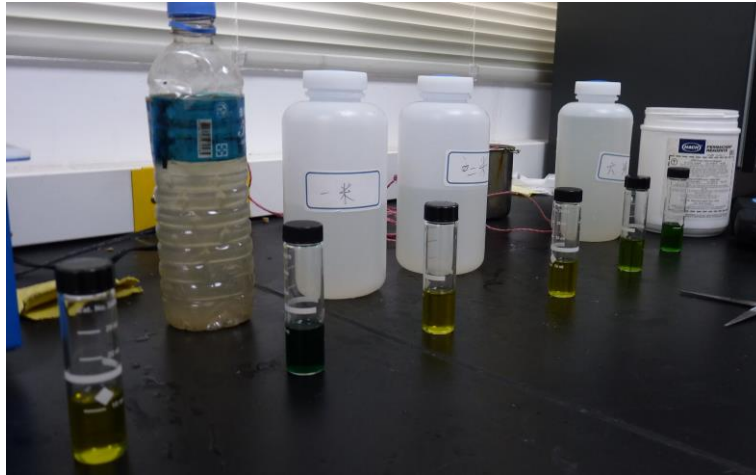


圖 5-8 氨氮濃度測定

資料來源：自行拍攝

## 6. 溶氧

使用 DO-5509 溶氧計，先利用空氣校正法，將溶氧計放置在通風處調整至 20.9 代表空氣中含氧量為 20.9%，完成校正後，放入待測水溶液中，等待一段時間數值穩定不變動後，就是我們要的實驗數據。

### (三) 結果分析

實際檢測數據如表 5-1。

表 5-1 水庫水質實測紀錄表

日期 氣象	採樣 深度	水溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	酸鹼值	濁度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	溶氧量 (mg/L)	備註
103.02.23 氣溫 9.2 $^{\circ}\text{C}$ 天氣雨	1m	9.6	7.3	18.1	0.1	10.6	雨後
	2m	8.7	7.0	10.6	0.1	9.0	
	4m	7.2	6.9	13.2	0.3	8.4	
	6m	6.8	6.9	14.5	0.6 以上	8.5	
103.04.30 氣溫 17.7 $^{\circ}\text{C}$ 天氣晴	1m	16.8	8.0	4.04	0	9.7	發現 蝦子
	2m	15.9	7.6	4.37	0	8.5	
	4m	14.6	7.2	12.2	0.21	8.3	
	6m	13.8	7.3	13.6	0.6 以上	6.7	



我們依照水廠採水季節習慣，採集了 2 月與 4 月的水樣，特別挑選晴天和雨天，進行分析以代表冬季與春季的水庫水質狀況。

### 1. 水溫 (Temperature)

水溫部分受到氣溫影響非常明顯，略低於氣溫。而各水層的溫度由表層往底層遞減。我們推斷越底層的水因溫度越低而密度越大，故往下沉降，受大氣的影響越小。

### 2. 氫離子濃度指數 (酸鹼度、pH)

(1) 酸鹼值為中性偏鹼，底層水較酸。我們推斷是因為水庫底部分解作用的關係，二氧化碳濃度比較高，所以略酸於表層水。

(2) **pH 值正常。**

### 3. 濁度 (Turbidity)

(1) 濁度的數值表層水較小，越往底層越大，第一次測量時的表層水濁度異常的升高。我們推斷正常狀況下，濁度受到地心引力的影響越表層的水越乾淨，但濁度會受到天氣現象的影響，尤其是降雨過後表層的濁度會上升。

(2) 標準**濁度數值**為 2NTU 以下，目前都已**超標**。

### 4. 氨氮 (Ammonia nitrogen)

(1) 氨氮的數值，由表層往底層遞增。我們推測因底層分解動物屍體而產生氨氮，造成底層氨氮濃度高於表層。

(2) **氨氮的數值正常。**

### 5. 溶氧 (Dissolved oxygen, DO)

(1) 溶氧量的垂直變化則是表層水溶氧量高，底層低。我們推斷因表層水與大氣接觸，溶氧量較高，底層氧氣被細菌使用濃度變低。

(2) 溶氧量與氣溫也有相關性當氣溫越高時溶氧量卻變低。我們猜測是因為當水溫升高時水中的生物活動頻繁，消耗氧氣也比較多。

(3) **溶氧量數值正常。**

這次測試數值代表冬、春季的水庫情形，除了濁度外，其他都正常，那麼水庫被汙染導致無法使用之因，也許不在檢測項目中，或是在冬、春季汙染不明顯。所以接下來我們觀察微生物瞭解水庫生態環境。

### 三、觀察微生物

#### (一) 實驗步驟

1. 採樣水做完水質測試後，必須在採樣瓶中留存一半以上的空氣，延長為生物的存活時間。
2. 採取來的水先用濾紙過濾後，使用乾淨的滴管，吸取濾紙上的濃度較高的液體，進行觀察。
3. 使用顯微鏡時，先從低倍率開始觀察，搜尋到疑似目標後再放大倍率。
4. 這次實驗我們使用電子目鏡連接電腦，可以將影像傳輸至電腦，輸入倍率後，還能夠測量物體的長度，拍下肉眼看不見的微小世界。
5. 實驗結束後，清洗器材和容器，並且以肥皂洗手。

#### (二) 微生物圖鑑

使用顯微鏡觀察採樣水質，並對照康軒出版的常見微生物圖鑑，我們找到菜埔沃水庫中蘊含的微生物有水蚤、線蟲、新月藻、星盤藻、單胞藻、四聯原藻、剛毛藻、團藻等，有一些圖鑑上沒有的奇特微小生物，透過網路上的搜尋與詢問師長，我們也發現了劍水蚤和藍球藻，另外還有很多形怪狀的物體，我們找不到牠的名字，也不知道是不是生物。

#### (三) 觀察與分析

在不同水層中發現不同的生物，在表層採集 1M、2M 的水可以發現很多的藻類，也發現了微小生物，如水蚤等，我們判斷為：表層水透光率較佳，有利藻類生長，而以藻類為食的生物也可以見到。

在 4M 的水中，我們還是可以發現到水蚤，並且還可以清楚的看到水蚤肚子裡的藻類，但是行光合作用的藻類就沒有看到，推測是因為水蚤的活動力較強，分布水層比較廣泛。

在 6M 以及水庫底部的水中，我們沒有發現任何的生物，也可能是實驗設備不夠好，理論上應該可以找到厭氧的細菌，但我們有看到蝦子的屍體碎屑，並且水體發出惡臭，可以推斷水庫的底部有分解者正在進行活動。



圖 5-9 水蚤（100 倍）

資料來源：自行拍攝

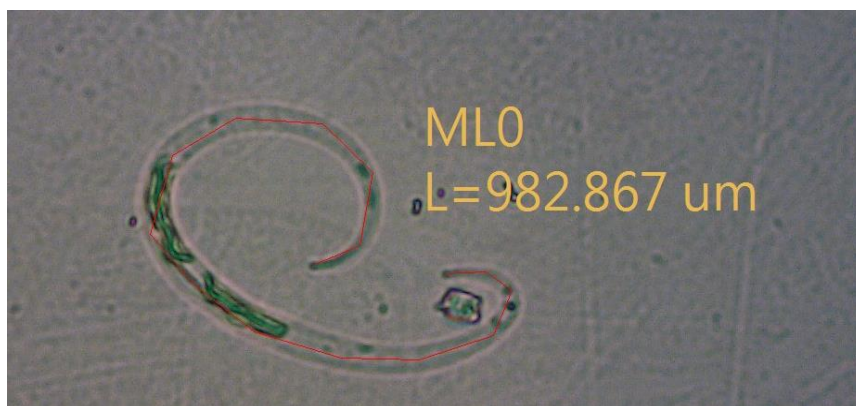


圖 5-10 線蟲（400 倍）

資料來源：自行拍攝



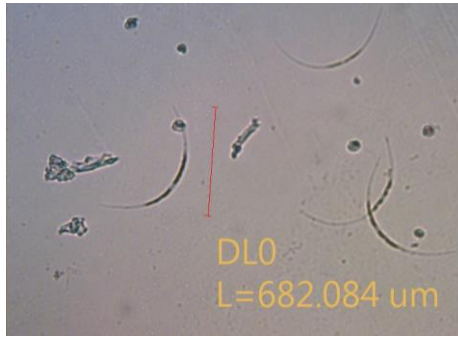


圖 5-11 線蟲 (100 倍)

資料來源：自行拍攝

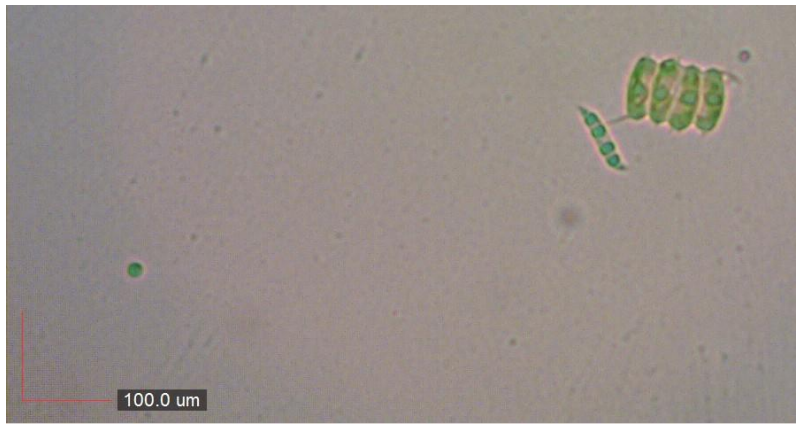


圖 5-12 新月藻與四聯原藻 (400 倍)

資料來源：自行拍攝

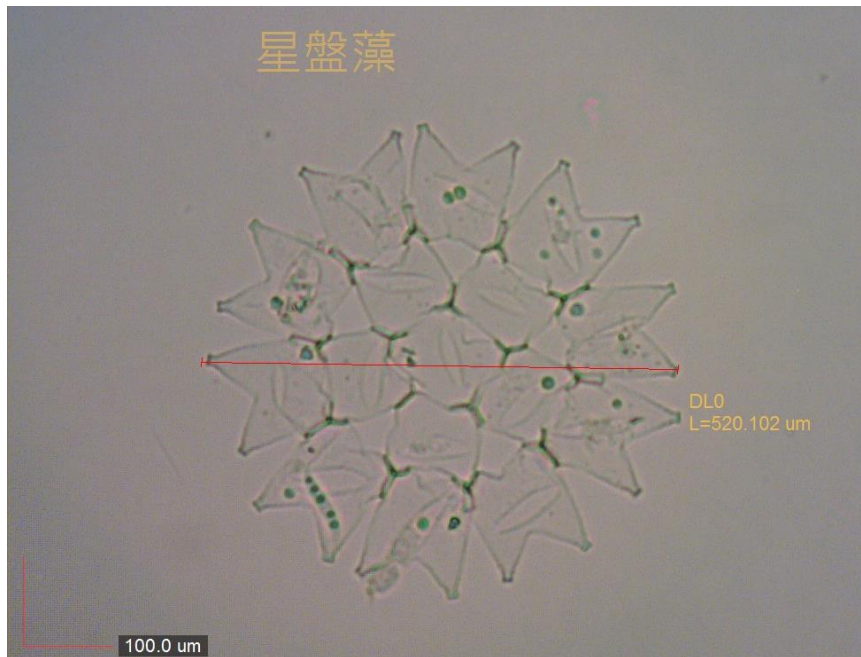


圖 5-13 星盤藻 (400 倍)

資料來源：自行拍攝

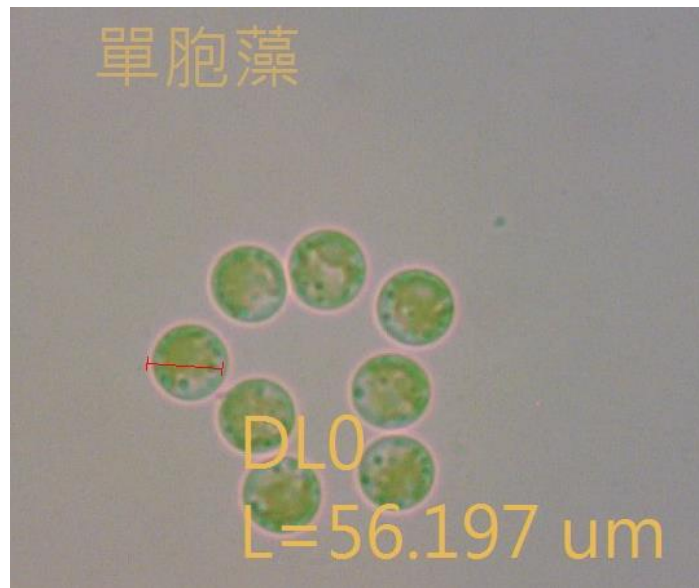


圖 5-14 單胞藻 (400 倍)  
資料來源：自行拍攝

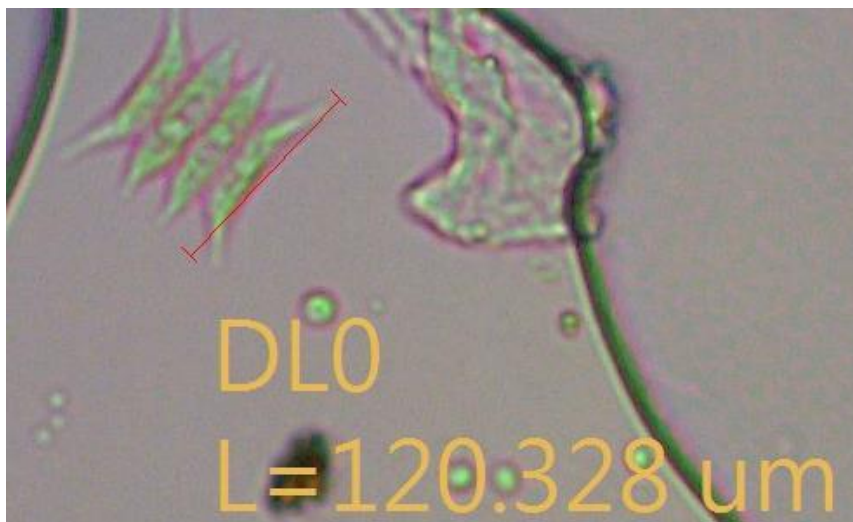


圖 5-15 四聯原藻一 (400 倍)  
資料來源：自行拍攝

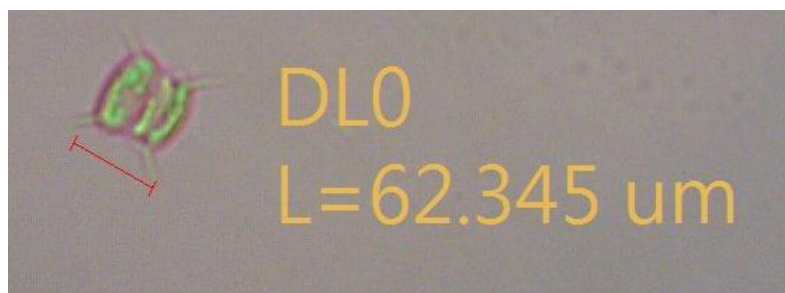


圖 5-16 四聯原藻二 (400 倍)  
資料來源：自行拍攝



圖 5-17 剛毛藻 (100 倍)

資料來源：自行拍攝

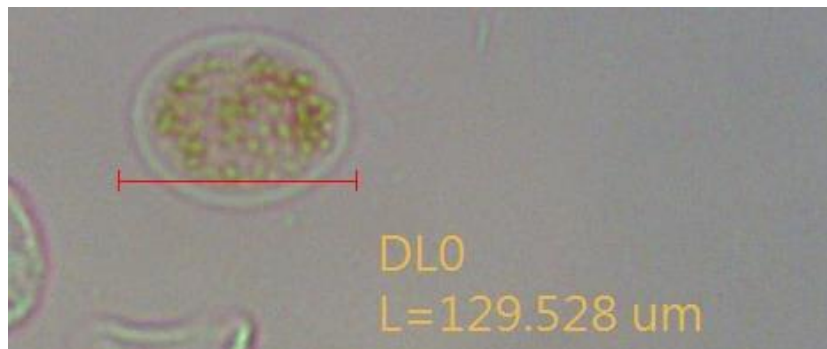


圖 5-18 團藻 (400 倍)

資料來源：自行拍攝

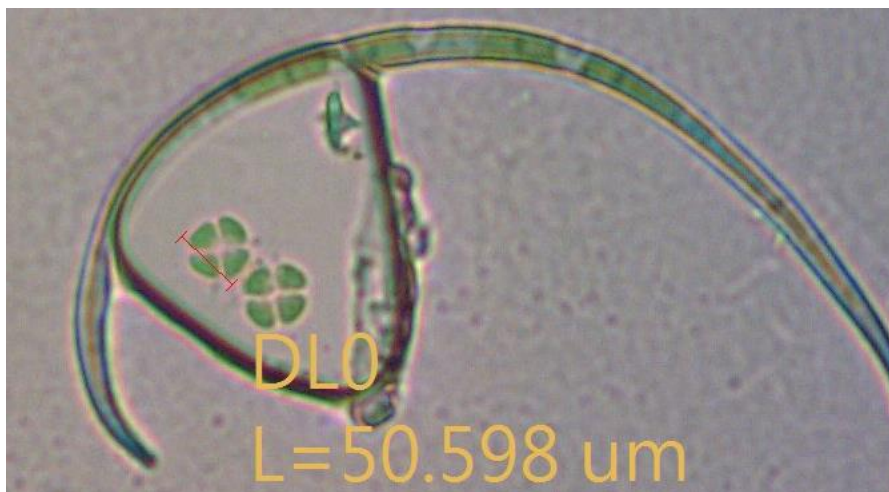


圖 5-19 藍球藻與線蟲 (400 倍)

資料來源：自行拍攝



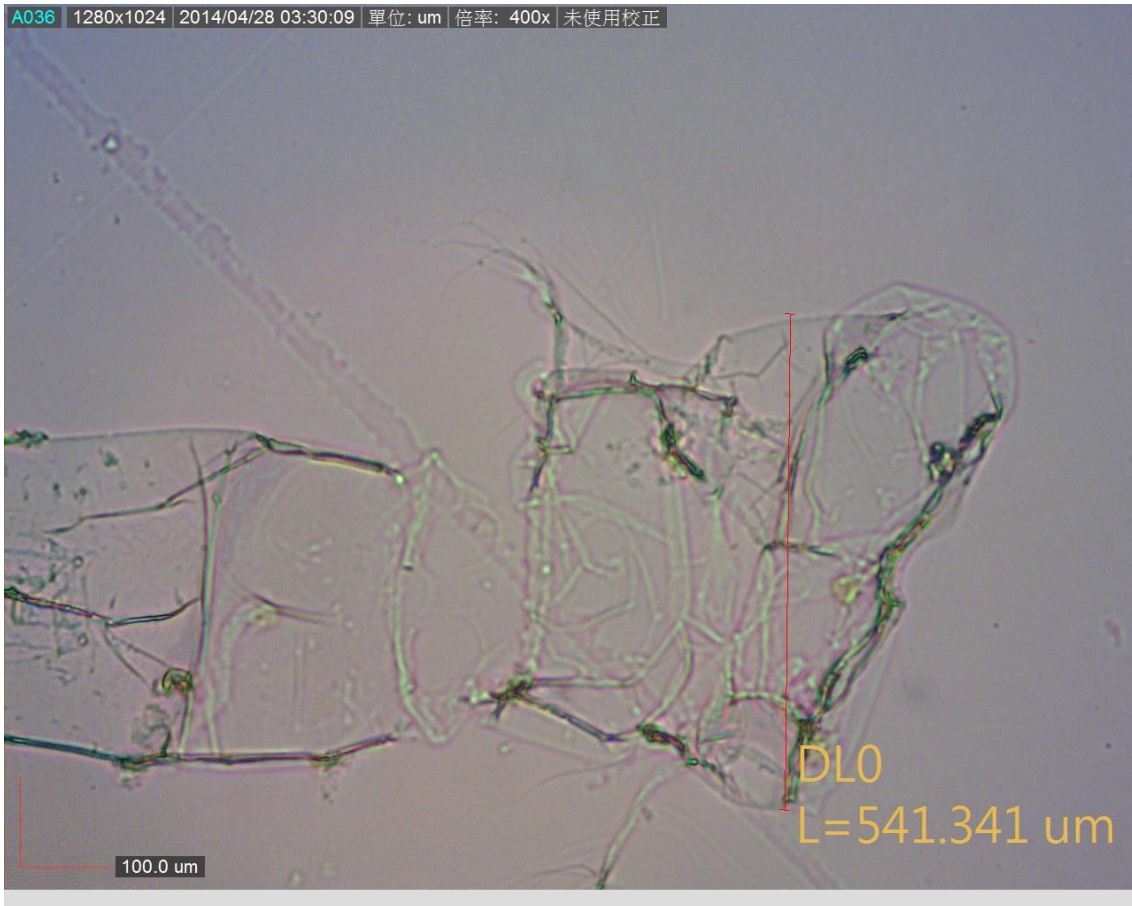


圖 5-20 劍水蚤 (400 倍)

資料來源：自行拍攝



圖 5-21 其餘不知名的生物 (400 倍)

資料來源：自行拍攝

在康軒版的微生物圖鑑裡提到「微生物很容易受到環境中水質的影響，如果環境遭受人為汙染，例如傾倒垃圾、工業廢水或農藥汙染，水中的微生物與種類也會大受影響」，從微生物觀察而言，我們發現水庫中的藻類與微生物數量非常多，也許這正是水庫遭到汙染的因素，為了補足我們實驗的不足，以下利用自來水廠的檢驗資料，來探討水庫無法使用的原因。

#### 四、利用自來水廠提供數據進行分析

水廠採水以一年四次為主，分別是 2 月（冬）5 月（春）8 月（夏）11 月（秋），每次採集深度為 0.5M，我們從自來水廠取得 2002 年~2013 年每一季的水溫、酸鹼值、濁度、氨氮、溶氧量、葉綠素、卡爾森指數，繪製成圖，並從中尋找菜埔沃水庫停用的原因。

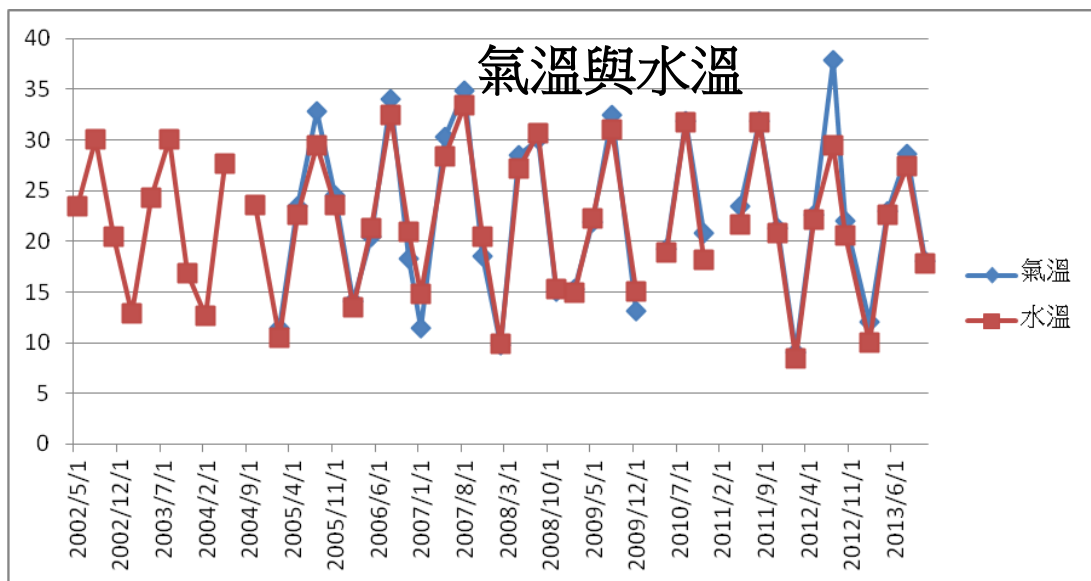


圖 5-19 氣溫折線圖

從氣溫折線圖得知：這十年以來氣溫都位於 10~30°C 左右。沒有明顯的改變，只是近幾年的冬夏溫度差異漸漸變的劇烈，**高溫越高低溫越低，有可能受到全球暖化的影響。**

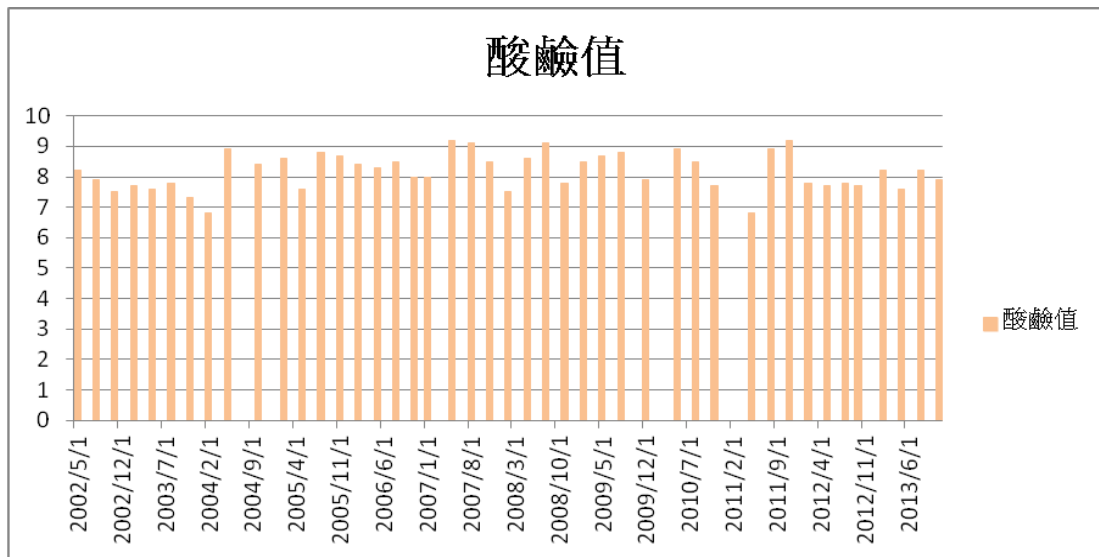


圖 5-20 酸鹼值圖

從酸鹼值圖得知：酸鹼值差異並不明顯，也沒有明顯的季節特性，平均值在 8.1 左右。

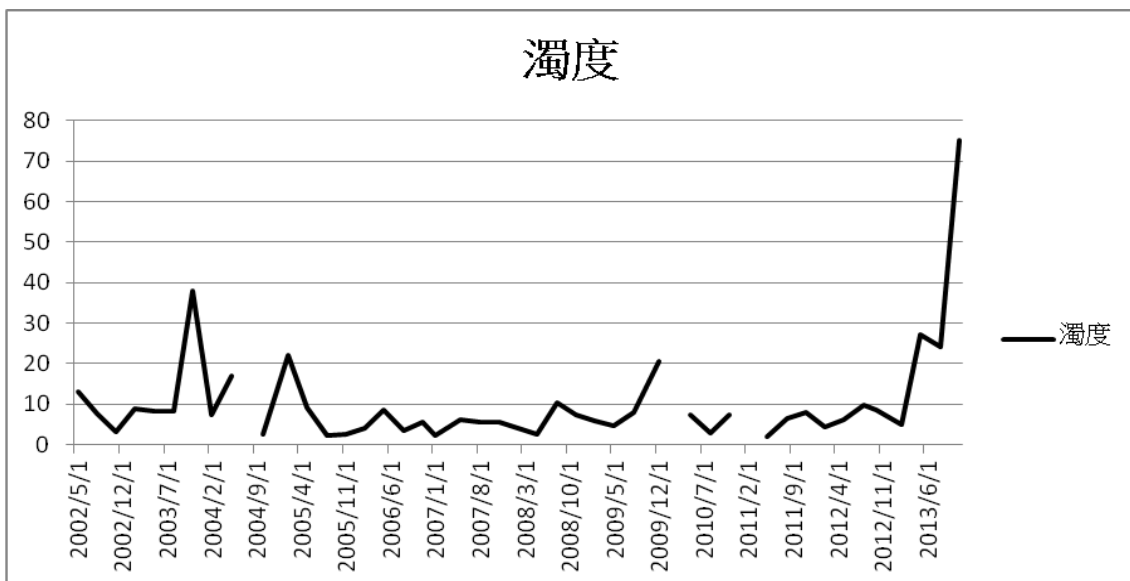


圖 5-21 濁度折線圖

從濁度折線圖得知：2013 年濁度異常升高，有可能正是汙染造成。

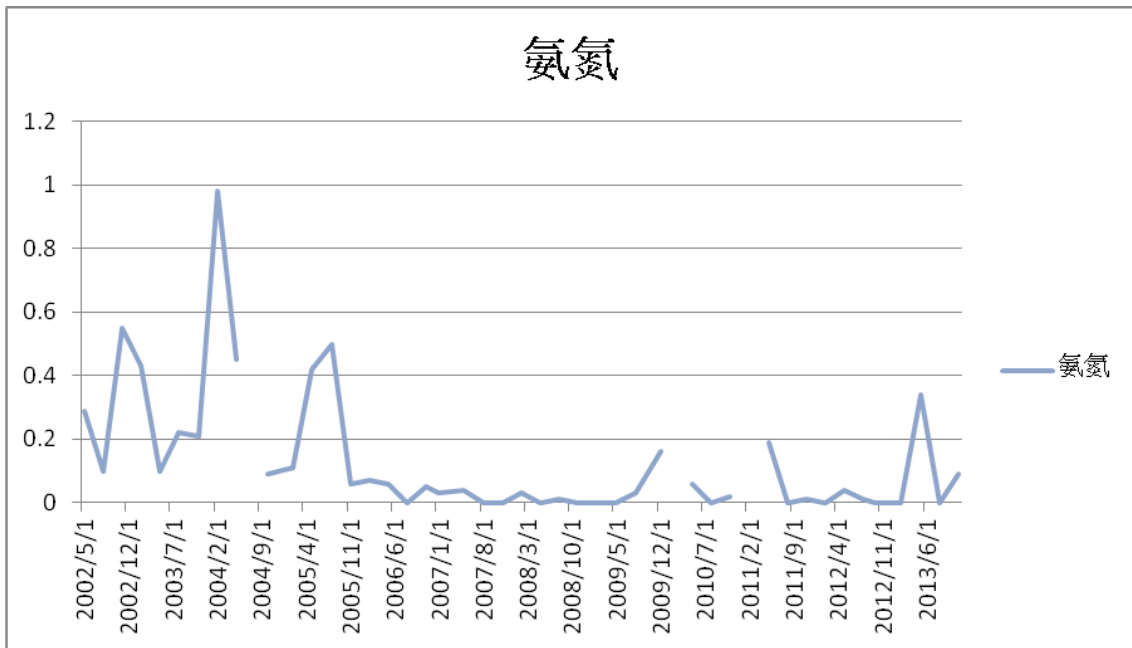


圖 5-22 氨氮折線圖

從氨氮折線圖中：看不出特別的異常狀態，都在可以接受的範圍。

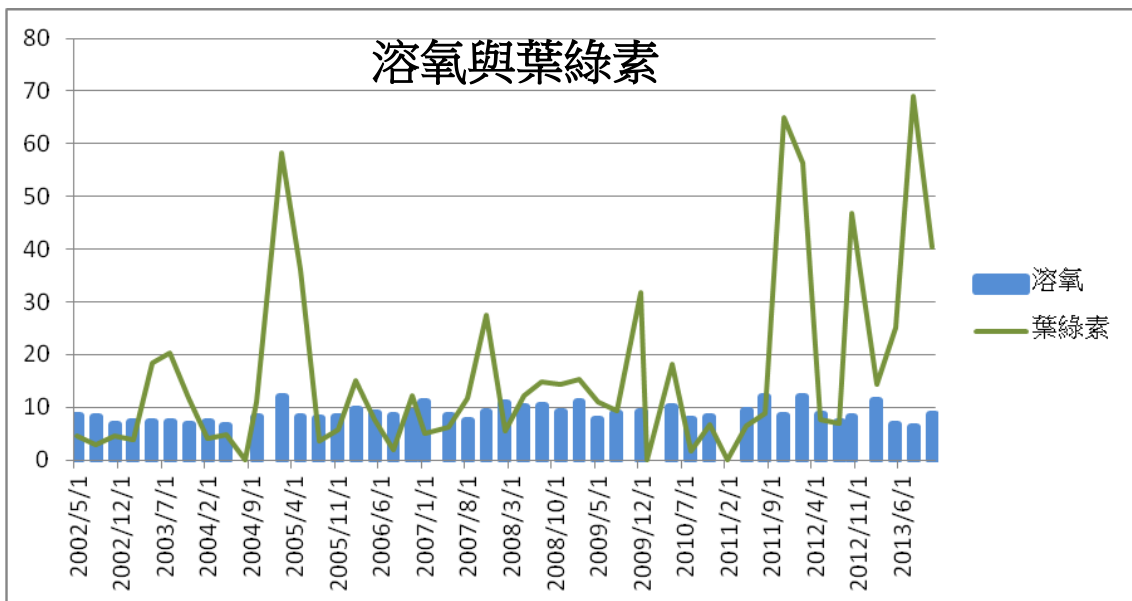


圖 5-23 溶氧量與葉綠素

從溶氧量與葉綠素圖得知：

- (1) 近幾年葉綠素高的異常。
- (2) 可以看出溶氧量與葉綠素有正相關，當葉綠素增多時，光合作用旺盛，水中溶氧量也會升高。

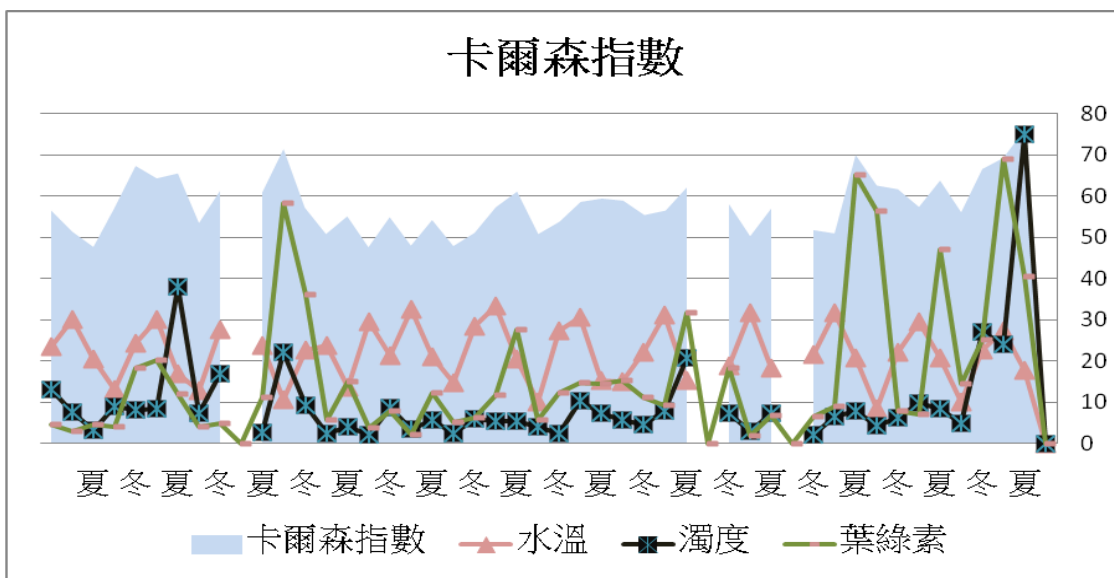


圖 5-24 卡爾森指數

從卡爾森指數圖中得知：

- (1) 卡爾森指數是一個綜合性指標，用來判斷水質是否有優養化的危機，依照環保署公布的標準，40 以下為貧養狀態，大於 50 則為優養狀態。我們水庫十年來的平均值大於 50，證實為**優養化的環境**，且近年更有惡化的趨勢。
- (2) 在春天時卡爾森指數比較高，我們推斷是因為春天適合藻類生長，藻類生長迅速，也使的水源變的混濁，濁度上升，且造成水源的優養化。

以水廠檢測資料證實水庫目前正遭受優養化的危機。優養化是指水域中所含養分，隨著時間逐漸增加的一種過程。若排泄物、肥料等，未經處理便流入水中就會加速優養化。水域嚴重優養化時藻類會大量繁殖、覆蓋水面、遮蔽日光，使水底下的植物無法行光合作用，造成魚、蝦缺氧死亡；而水中微生物為了分解生物遺體，更加速消耗水中的氧氣，形成不斷缺氧的惡性循環，最終導致水體混濁發臭。(康軒版一下 自然 P.151)

其實優養化是水域生態系必然的演化過程，由於自然營養鹽之沉降與累積，造成湖泊水質慢慢優養化，是湖泊老化的徵兆；然而若水庫集水區中人為活動的



增加，將大量營養鹽帶入水庫中，使得水質嚴重惡化，只需要短短數年就可以形成優養化。(康軒版一下 自然 P.151)

一般來說自然狀態下的優養化需要耗費好幾千年的時間，然而人為的優養化卻只需要幾年就可以達到，所以我們猜測，在菜埔沃水庫的集水區之內一定有人為的汙染物，接下來我們利用地理的實地勘查，與衛星空照圖和地形圖的配合，尋找集水區內的汙染物。

### 五、利用地形圖與衛星空照圖進行分析

我們到實地觀察，水庫位於山坳地區以利採集大範圍的降水，主要的攔砂壩位於西南方與東南方，也就是說這兩個方向是主要的集水區。

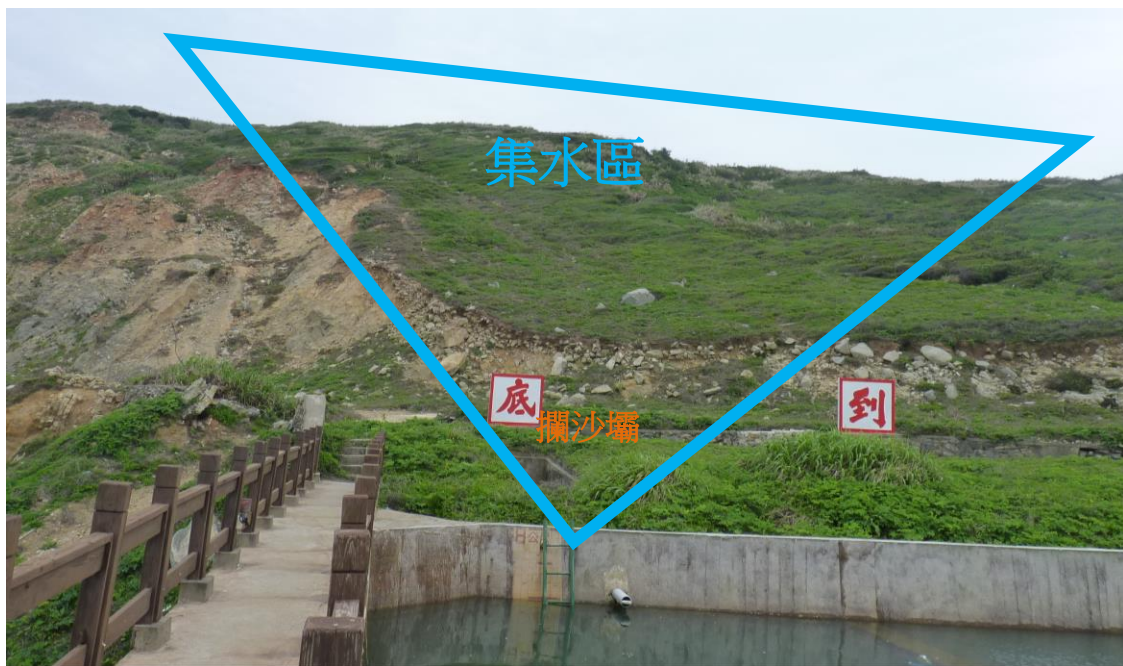


圖 5-25 東南方攔沙壩

資料來源：自行拍攝



圖 5-26 西南方攔沙壩

資料來源：自行拍攝

從地圖中，我們發現垃圾掩埋場與田沃山軍營皆位於水庫集水區之內，污水經由大雨沖刷或滲入地下水層緩慢的向水庫移動（如圖 5-27 所示），或許這正是水源污染的主要原因。

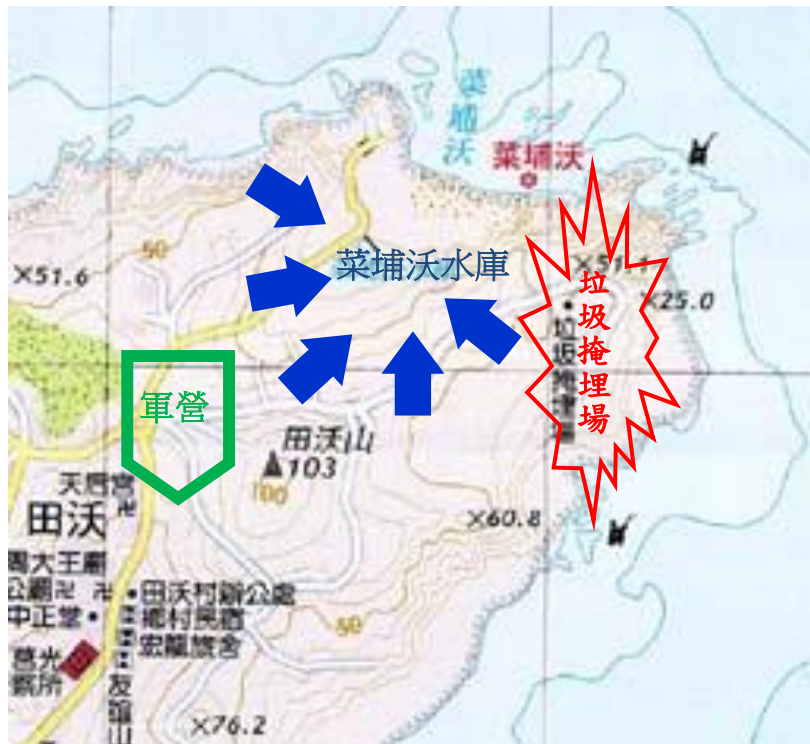


圖 5-27 馬祖西莒地形圖

資料來源：連江縣政府觀光局

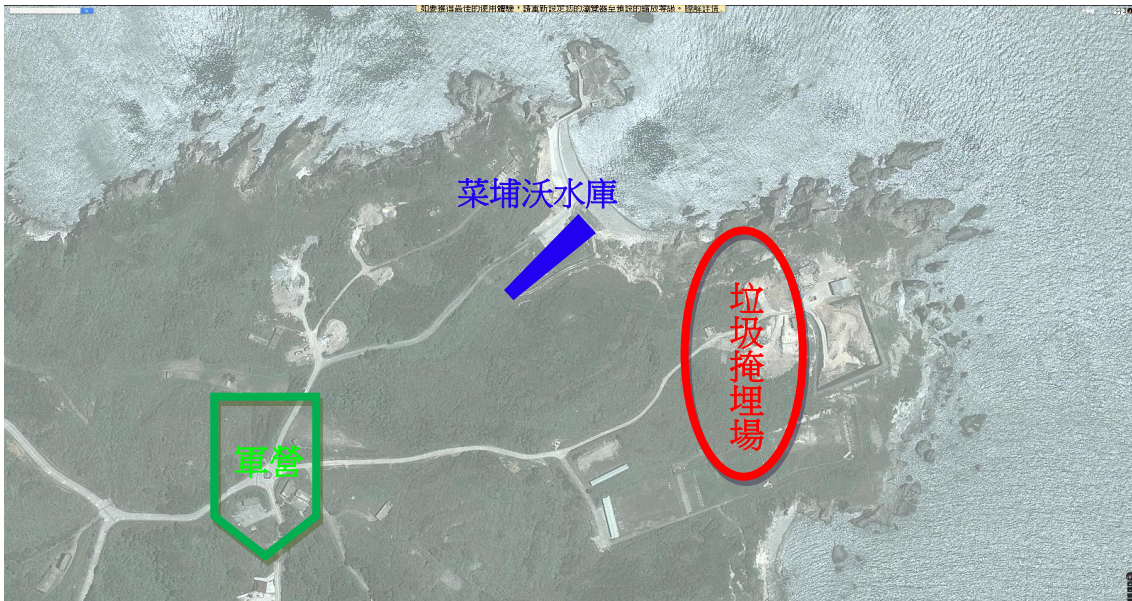


圖 5-28 馬祖西莒衛星圖

資料來源：GoogleEarth

## 陸、結論與建議

### 一、結論

- (一) 菜埔沃水庫停用的原因為水質污染造成，本次研究判斷為垃圾場與軍營污水流入導致。
- (二) 由實驗數據可以推斷，水質污染導致水庫優養化，造成微生物大量繁殖，濁度、葉綠素、卡爾森指數皆以超標。
- (三) 觀察到的微生物有水蚤、線蟲、新月藻、星盤藻、單胞藻、四聯原藻、剛毛藻、團藻、劍水蚤、藍球藻等。



## 二、建議

### (一) 降低優養化

雖然水質優養化是每一個靜置水體都會遇到的困境，但西莒的水資源非常不足，必須要做好防護措施

1. 汙染源方面：於軍營建立完善的汙水處理系統，垃圾掩埋場的部分，則盡力避免汙染物質流入水庫。
2. 水庫方面：則可以利用生物鏈的方式，投入生命力較強的魚類，清除繁殖過多的藻類，或是利用打氣的方式，增加水庫水質的溶氧量，達到降低優養化的目的。

### (二) 打造生態樂園

馬祖以豐富的候鳥做為觀光資源，當我們前往水庫採水與勘查地形時，也有看到幾隻白鷺鷥在水庫棲息，若政府不打算將水庫收回做為民生用途，則我們建議打造一座生態樂園，在水庫中設置可以供水鳥棲息的浮島，並且創造一個對水鳥友善的環境，包含民眾的教育等等，則我們也可以期待明年看到更多的鳥兒來菜埔沃水庫過冬。

## 柒、參考資料

莒光鄉公所 (2007 年 05 月 08 日)。第八章 公共建設 第一節 水利建設。莒光

鄉誌。取自：<http://www.chukuang.gov.tw/Bio/history2.htm>

林英智、李清聖、黃能堂、張永達、蔡尚芳 (2012)。國中自然與生活科技 1 上。

新北市：康軒文教。

林英智、李清聖、黃能堂、張永達、蔡尚芳 (2012)。國中自然與生活科技 1 下。

新北市：康軒文教。

林英智、李清聖、黃能堂、張永達、蔡尚芳 (2012)。國中自然與生活科技 3 下。

新北市：康軒文教。

林能士、賴進貴 (2012)。國中地理 1 上。新北市：翰林文教。

連江縣政府觀光局。馬祖西莒等高線地圖。取自：

[http://c.blog.xuite.net/c/b/1/a/11585193/blog\\_189961/txt/13408334/97.jpg](http://c.blog.xuite.net/c/b/1/a/11585193/blog_189961/txt/13408334/97.jpg)

康軒文教事業。常見的微生物圖鑑。新北市：康軒文教。

行政院環境保護署 (2014 年 04 月 29 日)。水質監測項目及意義。取自：

<http://wqp.epa.gov.tw/ecological/ClassRoom.aspx?Num=01>

## 【評語】 030503

### 優點：

本作品主要以水庫水質及其周遭生態調查為主，研究設計包含了採集水標本，操作儀器測量水質，並以顯微鏡觀察水中微生物。

參與計畫學生藉由本計畫實質動手操作許多相關儀器，並學習處理科學數據之方法。此外，本實驗亦利用社區資源的實驗室設備進行分析。

### 缺點：

學生測量了水溫、pH 值、濁度、氨氮、溶氧量等參數，但學生並未能事先定出「汙染」之標準，乃至第 13 頁之結論「…除了濁度外，其他都正常，那麼水庫被汙染導致無法使用之因，也許不在檢測項目中，…」，顯見一來已有「水庫被汙染」之預期成果（結論）或是未能先蒐集資料，以最有效之指標為檢驗項目。

微生物觀察項目觀察到一些生物，但並未進行計量研究，但第 19 頁第 3 行提到「…藻類與微生物數量非常多…」之結論不知從何而來？

第 22 頁突然出現「卡爾森指標」，一來未解釋清楚，二來未在先前實驗設計章節提到，科學之安排性不佳？第 22 頁第 7 行突然出現水庫目前正遭受優氧化危機之論述並非由自己之實驗得到之推論，科學態度之素養不足。而於自己資料不充分之條件下，不應仍去探討汙染之來源(第 23-24 頁)。

**建議改進事項：**

定義污染指標並予以量測。

增加「卡爾森指標」之說明及定義。

結論中所提水庫停用的原因應加以驗證說明。