綠色魔手再擴張—
金門地區淡水水域優養化的探討

高中組地球科學科第三名

國立金門高級中學

作　　者：許思賢、胡逸群、吳恬佾、林宛萱
指導教師：蔡志明、莊西進

一、研究動機

金門地區自開放觀光已來，湖泊水域受到了很重的污染，由於金門地區並無大型工業，故污染最重者即是湖泊的優養化，因此，我們針對金門地區較大的淡水域，做優養化程度的調查，並希望因此能引起一些污染問題的重視。

二、文獻探討

（一）優養化原是湖泊因淤塞水源枯竭而自然變成藻類繁殖過多，最後變成沼澤的過程，後來，在工業污染下，優養化則是湖泊由於磷及氮氮過度排放，而造成藻類過度繁殖的現象，問題在於生態的不平衡所致。

（二）金門地區優養化的原因有下列三個重點：

1.農田肥料的進入。

2.廢水任意排放。

3.家庭廢水未加管制。

三、研究目的

（一）用化學方法檢測得知優養化程度。

（二）用生物比對方法得知優養化程度。

（三）野外調查結果加以綜合討論。

四、研究方法

(一) 取水

1.觀察適宜五個取水點，做成記錄〈見附圖〉。

2.取水時先以塑膠筒取水，再倒入水中，重覆二次，再裝入取水瓶，需烘乾清潔。

3.水樣應於24小時內使用，予以水封。

(二) 物理檢測

1.氣味：請嗅覺良好同學，取50ml檢水，聞其氣味，記錄比較之。

2.清濁度：在量筒內於檢水50ml於其下劃十字，再次抽2ml檢水，直到可直視紅十字爲止，記錄其水的刻度。

3.色澤：觀察色澤，比較並記錄之。

(三) 化學檢測

1.溶氧量(D.O.)：

(1)取各型湖泊的水，製作成檢水。

(2)測定：取檢水300mg於錐形瓶，加入$Mn(OH)_2$1g、KI1g搖盪均勻便充分反應，以0.005M的$Na_2S_2O_3$溶液滴定之，使碘的紫黃色幾乎消失，再加2ml澱粉液滴定至藍色消失，計算之。

2.有機質：

(1)取檢水進行檢測。

(2)試劑：

A.重鉻酸鉀溶液，其濃度爲1M。

B.Diphenylamine指示劑：溶解Diphlenylamine2g於100ml濃硫酸中。

C.硫酸亞鐵標準液：溶140g硫酸亞鐵於水中，加$H_2SO_4$15ml，加水至1L。

(3)測定：

A.利用重鉻酸鉀與濃硫酸作用，以氧化檢水中有機質。

B.剩餘的重鉻酸鉀，用硫酸亞鐵滴定之，可推剩的重鉻酸鉀量。

C.加入少量的磷酸，使快到滴定終點，再計算之。

3.還原力：

(1)取100ml檢水，加4M 10ml H_2SO_4及0.002M $KMnO_4$溶液，置沸水30min。

(2)加10ml 0.005M $H_2C_2O_4$溶液，趁熱以0.002M的$KMnO_4$溶液滴定至淡紅色不消失，記錄$KMnO_4$溶液的ml數，再計算之。

4.磷含量：

(1)取檢水。

(2)調製試劑：(A.Molybdate)以35g$(NH_4)_2MO_4$溶氨水和蒸餾水(133ml:27ml)再

加入HNO_3與蒸餾水混合(30ml:27ml)置隔夜。

(3)測定：

A.以檢水25ml加試劑25ml攪拌至有黃色沉澱（若無表示磷含量不高）過濾之，將其連同濾紙於25ml蒸餾水於大燒杯。

B.充分攪拌後，滴定NaOH標準液(0.1M)直黃色物質溶解，並加5ml過量，加2、3滴一般酚太，並以HNO_3標準液(0.1M)滴定之，直到紅色消失，記錄NaOH及HNO_3的使用量，加以計算。

5.氮含量（NH_4^+之檢測）：

(1)調製試劑：

A.$HgCl_2$溶液：溶25g$HgCl_2$溶於100ml dis H_2O。

B.Nessler試劑：10gkI溶於dis H_2O 10ml，滴加$HgCl_2$溶液，再加50%KOH溶液80ml，再稀釋至200ml。

C.NH_4Cl標準液：稱100℃乾的NH_4Cl2.97g於入1L量瓶內，稀釋至1L，取10ml，以dis H_2O稀釋至1L所得溶液1ml中含0.01mg NH_4^+離子。

(2)實驗操作：

A.取20支試管，編號1～20。

B.1～20號試管加入0.1ml，0.2ml至2ml的NH_4Cl標準液，做爲20支比色試管，取檢水100ml，加0.5ml30%NaOH溶液及1ml25%Na_2CO_3溶液稀釋至200ml。

C.取B中澄清液50ml加入1ml Nessler試劑，過10分鐘後再與以比色，再計算之。

(四) 生物指標

1.取各取水點之檢水，各製成十個標本，以顯微鏡觀察水中藻類，並估計數量。

2.對照圖鑑、判定藻類種類。

3.記錄數量多寡及其指標值。

七、討論

(一) 有關野外調查〈見表1〉及物理檢驗〈見表2〉

1.太湖和榮湖的優養化情形都很輕，原因可能是兩湖水設有污水處理廠，對水中的藻類過濾再排入，加上湖面積大，縱有營養物排入，濃度並不高，加上水深且水量變化大，藻類甚少，魚類亦不是很多。

2.蘭湖和陵水湖距村莊較遠，調查發現少有污水排入，有自然藻類的繁殖成

長 ，有不少魚類，湖色甚佳，是純天然不受污染。

3.古崗湖是風景區的湖泊，據當地居民表示，觀光客常丟垃圾於湖中，加上村莊的廢水及農田沖刷肥料進入湖中，優養化加劇。

4.小太湖、映碧潭是優養化較重的地區，映碧潭上游有大量的豬隻排泄並有軍營的廚餘廢水，使之有嚴重污染。小太湖迎山外溪中游商店、小吃店的各種家庭廢水及垃圾污漏水。兩湖均有嚴重污水排入，但以映碧潭的優養化較重，可能因小太湖污染更重，反不利藻類生長。

(二) 化學實驗的討論

1.磷含量（見表3）：

(1)磷含量顯示出檢水中所含的重要營養物—磷—的量值，磷多半處在洗滌清潔劑及肥料中，磷是幫助藻類成長的重要物質，這點在去年的實驗中證明，故磷含量的多寡代表營養物的多少和優養化的程度。

(2)從數據看來，陵水湖和陽明湖的磷含量很低（見表3），由於技術問題，無法測出，而小太湖偏高，其餘湖泊屬中度範圍，其中小太湖測計時波動大，可能排水成份不同，於是我們取較平均的記錄。

(3)就環境看來，大部份湖泊受家庭污水中含洗滌的廢水，而農田施肥後，經雨水沖刷和沙土吹入都使大量的磷進入水中。

2.有機質（見表5）：

(1)有機質顯示水中將被分解的營養物多少，並可測出水中所有生物體的量，有幾質含量高致使優養化加劇，並產生沼澤。

(2)本次測出的結果，發現有機質在中度以下，顯示優養化於中級程度，並無形成沼澤，且顯示湖中藻類屍體不多，但可能排入的有幾質甚多或藻類量過高。

(3)小太湖、映碧潭的有機質過高（見表5），原因來自排泄物、廚餘的排放過多 ，我們也發現有許多不屑商人不經污水下水道排水，私自接管子排放廢水入山外溪 ，使之遍布油脂污物。

3.還原力（見表6）：

(1)還原力表現出水中有機質多寡的一種測定法，一般水質測定時會加以測試。

(2)從實驗中所得的數據與有機質的測定有些值得討論的出入，因有機質實驗測出低劑量，但在測定還原力卻有映碧潭及小太湖不尋常的高量。可能是還原力和有機質的評定標準不同，有機質是針對生物方面，但在還原力多用於水質檢測。

4.D.O.值〈見表4〉：

⑴D.O.顯示水中的溶氧量，溶氧量高會使水中厭氧性細菌死亡，此外，D.O低表缺少充份氧氣，而魚類死亡，當生物死亡便被分解，而耗更多氧，便代表了優養化末期的變化。

⑵D.O值在4～6之間，屬中度範圍，可發現D.O.低的映碧潭其中藻類含量多，而含量不多的榮湖、太湖D.O.則在中等。

5.氮含量〈見表7〉：

⑴本次氮含量針對NH^+所作，NO^{2-}，NO^{3-}則因藥品不足而無法測定。

⑵本實驗發現太湖、榮湖因有經污水處理而氮含量低，此亦可能是導致其藻類不多的原因之一。

（三）生物指標比對〈見表6〉

1.生物指標是德日以一種「水污染生物系」爲理論基礎而建立指標，見指標性的水生生物生存在不同污染程度中，只要比對出此種生物便表示出水質狀況，分PS.dm.Bm.os四級。

2.陵水湖貝多種藻類生存，os種類不少，表水質狀況佳〈見表8〉。

3.陽明湖及蘭湖發現Bm，但數量少，而os的藻類則多，就數量看來，陽明湖藻類數量少，但蘭湖則適中〈見表8〉。

4.太湖的藻類數量偏低，但種類多，具指標性的僅二種且數量少，只可推論優養情形不嚴重，但無法就水質定論。

5.古崗湖和小太湖污染程度於Bm和os間，小太湖os偏少，數量上來說，古崗湖不見指標的藻類多於小太湖，情況較佳〈見表8〉。

6.映碧潭發現僅有dm的藻類，數量並不少，且無os藻類生存，在數量上很多，但種類少，污染重，優養化亦重。〈見表8〉

八、結論

（一）金門地區大型的淡水水域並無很嚴格的優養化情形，其中悠關居民飲用水品質的榮湖、太湖更輕，但是小太湖和映碧潭這些太湖上游的湖泊優養化情形並不輕，管理措施應加強。

（二）金門地區大型的淡水水域，情況最佳的屬蘭湖和陵水湖，其污染情形輕 ，指標藻類屬os級，環境佳，污染源少，其環境形成的原因是位置較偏遠，營養物排入少，藻類在自然繁殖下量與魚類平衡，情況佳。

（三）榮湖新湖、陽明湖屬新的湖泊，污染低，雖營養物含量不低，但藻類

含量少，其為蓄水而開鑿，因此，水量變率大，藻不易生長。

（四）優養化並不需積極抑制，但卻需嚴格禁止尤其是家庭廢水、廚餘、豬隻排泄物的非法排放，亦需對過度施肥及含肥料的雨水沖刷加以防治，以預防營養物的進入。

表 1　野外調查記錄

	第一次	第二次	第三次
小太湖	日期：8 月 3 日 小太湖承山外溪中下游來的河水，含有許多的污物，在 E 點有厚重的油脂漂浮，在 A 點有大量浮萍，在 B 到 D 一帶有蔬菜的種植，在湖心有曝氣設施，湖中的小島有許多的鷺鷥棲息，島上的樹布滿了其糞便。	日期：11 月 8 日 在 A 點的浮萍因水位下降而有發臭的現象，在 D 點附近則有不少的垃圾，E 點仍舊有許多油脂漂浮，水上有 N 隻水鴨。	日期：2 月 9 日 在 A 點的浮萍全數發爛發臭，C 點有一些發臭的垃圾，E 點的油脂似乎更加厚重，水位有下降的跡象。
太湖	日期：8 月 3 日 太湖湖面廣大，水色呈白色，湖邊有污水處理廠，水面清淨，並在 B、C 有少許垃圾，水上有不少水鳥正在覓食。	日期：11 月 8 日 水位有下降，其餘的情況無太大改變。	日期：2 月 9 日 水位下降更大，但水鳥數量增加，覓食中，因寒流來襲，有不少的凍死魚隻。
映碧潭	日期：8 月 3 日 映碧潭湖水呈深綠色，上有山外溪上游進入，下有出口接山外溪中游，在 A 點附近，有少數的布袋蓮生長，C 點有漂浮的垃圾，已經發臭，水上有 5-6 隻的水鳥停留，但不見其有覓食動作，水中央有蓮花生長。	日期：11 月 8 日 在 E 點有許多類似豬糞的污染物，味道很臭 C 點的垃圾又增多了，在 D 點附近，則有人放置了農業用的酒糟肥料二袋。	日期：2 月 9 日 A 點布袋蓮增多，C 點垃圾並無增加，但已發臭，E 點已回復原來的水色，在 D 點的肥料亦已移走，但在 D 點有骨類油脂等髒水留下的痕跡。
榮湖	日期：8 月 6 日 榮湖呈極淡的綠色，湖的面積略小於太湖，有污水處理廠，湖面有不少的水鳥覓食，在 B 處有少量油脂漂浮。	日期：11 月 15 日 漂浮的油脂消失，但在 D 處發現頗數不少的垃圾，並在 A 的附近有四袋酒糟肥料放置。	日期：2 月 8 日 肥料已被取走，垃圾亦不再，有發少數凍死魚，屍水鳥數量增加。
蘭湖	日期：8 月 3 日 蘭湖位於小徑村附近湖色甚綠，但仍發現有不少廢水排入，在 A 點附近有漂浮的垃圾，有三個人在湖畔釣魚，在 C 點有大量浮萍，附近有農田但並沒有直接廢湖。	日期：11 月 8 日 在 C 點的浮萍變少，在 E 點有釣客留下的食物殘渣及多，仍有人釣魚，水面有數隻水鳥覓食。	日期：2 月 9 日 有凍死魚屍出現湖岸，湖水有明顯下降，有不少水鳥正在啄食死魚，C 點浮萍更少，有不少浮萍 C 腐爛。
陽明湖	日期：8 月 3 日 陽明湖距村鎮稍偏遠，在水上有許多的水鳥，水色呈淡綠色。	日期：11 月 8 日 在 B 點有 N 個塑膠瓶，在 C 點有浮萍。	日期：2 月 8 日 情況沒有太大的改變，但水位下降，並有魚屍。
陵水湖	日期：8 月 14 日 陵水湖位於野外偏僻地區，四週僅有極少的住家，且並無排入廢水，在 B 點有大量的布袋蓮，四周有農地，但耕作田地少，多荒田。	日期：11 月 7 日 水位有明顯的下降 A 點有不少的蘆葦生長，C 點有垃圾出現，有許多的水鳥在覓食。	日期：2 月 11 日 有凍魚屍，並在湖岸發現有肥料放置。
榮湖新湖	日期：8 月 6 日 榮湖新湖位於榮湖的右側，兩湖的水有污水處理廠相接，以調節用水為目的開設的新湖，無污水的排入，水色呈白色。	日期：11 月 15 日 情況沒有太大改變。	日期：2 月 8 日 湖水水位有下降，水面有二隻小白鷺，但無覓食行為。

表 2　氮含量

檢水	平均
小太湖	1.4
太湖	0.2
映碧潭	1.9
榮湖	0.3
榮湖新湖	0.1
古崗湖	0.6
蘭湖	0.3
陽明湖	0.1
陵水湖	0.0

單位:ppm/ml

表 3　磷含量記錄表

檢水	第一次
小太湖	0.10
太湖	0.09
映碧潭	0.08
榮湖	0.07
榮湖新湖	0.06
古崗湖	0.06
蘭湖	0.04
陽明湖	無
陵水湖	無

單位(mg/100ml)

表 4 D.O.值記錄表

檢水		平均
小太湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	37.4
	D.O.(mg/l)	4.98
太湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	35.8
	D.O.(mg/l)	4.77
映碧潭	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	32.0
	D.O.(mg/l)	4.26
榮湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	40.9
	D.O.(mg/l)	5.44
榮湖新湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	45.1
	D.O.(mg/l)	6.01
古崗湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	44.0
	D.O.(mg/l)	5.85
蘭湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	44.5
	D.O.(mg/l)	5.93
陽明湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	47.1
	D.O.(mg/l)	6.27
陵水湖	$Na_2S_2O_3$用量(mg)	45.9
	D.O.(mg/l)	6.11

	日期: 8 月 10 日	日期: 11 月 14 日	日期: 2 月 11 日
古崗湖	古崗湖是一著名的風景區，湖區圍繞古崗樓爲中心，中心附近常有觀光客所丟的垃圾，而離古崗樓較遠的湖岸則有農田及家庭廢水排入。	在 A 點附近有相當多的垃圾，在 E 點沿岸有許多的酒糟肥料放置。	垃圾消失，肥料亦已移走，BCE 有死魚屍體，在 B 點有少數浮萍。

表 5 有機質

檢水	平均
小太湖	27.6
太湖	24.6
映碧潭	32.3
榮湖	24.2
榮湖新湖	20.6
古崗湖	25.6
蘭湖	25.1
陽明湖	22.7
陵水湖	23.6

表 7 指標統計

指標	小太湖	太湖	映碧潭	榮湖	榮湖新湖	古崗湖	蘭湖	陽明湖	陵水湖
Ps	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bm	6	1	6	6	2	5	1	1	0
Os	2	1	0	2	2	1	3	3	4

表 6 還原力

檢水	平均
小太湖	10.2
太湖	3.0
映碧潭	11.3
榮湖	3.9
榮湖新湖	1.1
古崗湖	7.1
蘭湖	4.0
陽明湖	3.0
陵水湖	2.9

單位:ppm/ml

附圖：

（一）

（二）

（三）

（四）

（五）

（六）

評語

①能充分利用已有的知識和工具求解一些周圍環境的問題。

②雖然因爲工具的不足有些結果仍可再進一步利用更好的工具或方法改進，但充分利用已有的工具正是科學研究應有的態度值得肯定。

③能關心水環境的問題提供政府相關單位注意特別值得鼓勵。

回上一層